МАССОВАЯ РАДИО БИБЛИОТЕКА

Г. К. КЛИМЕНКО

ВИДЕОПЛАСТИНКА



МАССОВАЯ
РАДИО
БИБЛИОТЕКА

Выпуск 920

Г. К. КЛИМЕНКО

ВИДЕОПЛАСТИНКА



«ЭНЕРГИЯ»
МОСКВА 1976

6Ф3
К49
УДК 681.841:621.397.6

Клименко Г. К.

К49 Видеопластинка. М., «Энергия», 1976.

56 с. с ил. (Массовая радиобиблиотека. Вып. 920).

Книга знакомит читателя с основными системами видеозаписи на диск, способами изготовления видеопластинок — гибких пластмассовых дисков с записью телевизионных программ или кинофильмов, принципом работы воспроизводящих устройств — видеопроигрывателей.

Книга рассчитана на широкий круг радиолюбителей, интересующихся достижениями техники записи изображения и звука.

К $\frac{30403\text{-}452}{051(01)\text{-}76}$ 183-76 6Ф3

ПРЕДИСЛОВИЕ

Записать телевизионную программу или кинофильм на гибкую видеограммпластинку (видеопластинку) с тем, чтобы впоследствии воспроизвести изображение на экране телевизора с помощью видеопроигрывателя — такая идея еще 5—7 лет назад большинству из нас могла показаться фантастической. Ведь телевизионный сигнал несет в себе в 100 раз больше информации, чем звук, записанный на знакомой нам граммофонной пластинке (грампластинке). Однако быстрый прогресс в области электроники, точной механики и оптики привел к тому, что сегодня видеопластинки — уже существующая реальность. Они разработаны в нескольких видах: видеопластинка для механического воспроизведения, видеопластинка для воспроизведения лучом лазера, магнитная видеопластинка и т. д. Видеопластинки демонстрировались на различных радиотехнических выставках. В ближайшие годы предполагается начать их массовое производство. Ожидается, что стоимость видеопроигрывателя будет сравнима со стоимостью телевизора, а стоимость видеопластинок — со стоимостью грампластинок, поэтому видеопластинки получат широкое распространение среди населения.

Книга в популярной форме знакомит читателя с различными системами записи видеопластинок и способами воспроизведения. Видеопластинка сравнивается с другими видеофонограммами, предназначенными для массового использования: видеофонограммой на магнитной ленте и 8-миллиметровыми кинофильмами.

Автор

ИСТОРИЯ ВИДЕОПЛАСТИНКИ

Изобретение и совершенствование грампластинки

18 июля 1877 г. Томас Эдисон произнес перед рупором только что сконструированного им фонографа несколько слов. Спустя некоторое время он услышал эти слова из рупора.

Звуковые колебания в фонографе Эдисона воспринимались мембраной, соединенной механически с иглой. Колеблющаяся игла воздействовала на оловянную фольгу, нанесенную на поверхность барабана. При вращении барабана и поступательном движении мембраны игла выдавливала в фольге винтообразную канавку, глубина которой изменялась в соответствии с записываемыми звуковыми сигналами. Такая запись получила название глубинной механической записи. При воспроизведении использовался обратный принцип: изменения глубины канавки вызывали колебания иглы, которые передавались мембране и излучались через рупор.

Эдисон в течение нескольких лет работал над усовершенствованием своего фонографа. Оловянная фольга на барабане была заменена восковыми валиками. Запись стала проводиться не выдавлением материала, а резанием с помощью сапфировых или алмазных резцов. Однако способ глубинной звукозаписи в дальнейшем не получил широкого развития из-за ряда присущих ему недостатков: вследствие меняющегося сопротивления носителя записи резцу при движении последнего вверх и вниз возникали значительные искажения сигнала; неравномерная по своему сечению стружка часто ломалась и портила канавку; наконец, максимальная ширина канавки получалась довольно большой, поэтому трудно было увеличить длительность записи.

В 1888 году Берлинер предложил способ поперечной механической записи, при котором резец совершал колебания параллельно поверхности носителя записи и перпендикулярно направлению его движения. Ширина канавки при этом оставалась постоянной, а ее отклонения соответствовали записываемым колебаниям. Этот способ механической записи получил название поперечной записи. Одновременно Берлинер изменил форму носителя записи — вместо валика он применил диск. Последнее предложение явилось очень важным изобретением, поскольку механическую фонограмму в форме диска можно было тиражировать методом штампования. Первые грампластинки были отштампованы из целлулоида. Позднее, в 1896 г., Берлинер заменил целлулоид шеллаком, который позволил улучшить качество звучания.

Долгое время (вплоть до 1924 г.) запись производилась акустическим способом: звук улавливался рупором, попадал на мембра-

ну, связанную с резцом, последний нарезал канавку на восковом вращающемся диске. При этом запись, как правило, производили при частоте вращения диска 78 об/мин. Диаметр грампластинок равнялся 25 или 30 см. Длительность звучания каждой стороны составляла 3 или 5 мин соответственно. Качество записей, выполняемых акустическим способом, было невысоким. Частотный диапазон составлял всего 150—4000 Гц при большой неравномерности частотной характеристики.

Введение электрического способа записи (микрофон, электронные усилители, электромеханический рекордер) позволило существенно расширить частотный диапазон и улучшить качество записи на грампластинках.

В послевоенные годы появились долгоиграющие грампластинки с более узкой канавкой и частотой вращения 33 $^1/_3$ об/мин. При диаметре 30 см такая грампластинка обеспечивала длительность звучания 27 мин. Для прессования грампластинок вместо шеллака применили винилитовую массу; при этом, несмотря на уменьшение ширины канавки, улучшилось отношение сигнал/шум, т. е. понизился уровень собственных шумов грампластинки при ее воспроизведении.

Наконец, в конце 50-х годов появились стереофонические грампластинки. Для обеспечения стереофонической звукопередачи в канавке такой пластинки записываются уже не один, а два звуковых сигнала (левый — Л и правый — П). Один из сигналов вызывает колебания резца рекордера в направлении 45° к поверхности лакового диска, а второй — в направлении 135°. В результате форма канавки получается довольно сложной. В записи присутствует не только поперечная, но и глубинная составляющая, причем поперечная составляющая определяется суммой сигналов (Л+П), а глубинная — разностью (Л—П). Изготовленная таким способом стереофоническая пластинка обладает свойствами совместимости: стереозапись можно воспроизводить на обычном монофоническом проигрывателе без потери качества, поскольку в поперечном направлении записан полный монофонический сигнал Л+П.

В последнее время начали выпускать также дешевые гибкие грампластинки, которые штампуются из поливинилхлоридной пленки толщиной 120—200 мкм. Эти грампластинки можно брошюровать в звуковые альбомы и журналы.

У старых шеллачных грампластинок на 78 об/мин ширина канавки в зоне записи составляла 140—180 мкм, у монофонических долгоиграющих она равна 50—70 мкм, а у стереофонических грампластинок в зависимости от уровня сигналов ширина канавки изменяется от 35 до 120 мкм. Шаг записи, т. е. расстояние между линиями симметрии соседних канавок, у современных грампластинок переменный и при нарезании канавки автоматически регулируется в зависимости от уровня записываемого звукового сигнала. При увеличении среднего уровня сигнала увеличивается и расстояние между соседними канавками, при уменьшении уровня сигнала шаг записи уменьшается, достигая своего минимального значения в паузах сигнала. В среднем же шаг записи обычно равен 100 мкм. На одном миллиметре вдоль радиуса пластинки укладывается таким образом 10 канавок. Гибкая грампластинка имеет постоянный шаг записи, устанавливаемый в пределах 135—200 мкм.

Современные грампластинки обеспечивают высокое качество звучания при их воспроизведении. Частотный диапазон охватывает

весь диапазон слышимых звуковых частот 20—20 000 Гц, отношение сигнал/шум выше 53 дБ, нелинейные искажения находятся на пороге восприятия. Поэтому грампластинки получили в настоящее время широкое распространение среди населения и успешно конкурируют с фонограммами на магнитной ленте. Основные достоинства грампластинки, обеспечивающие ей массовое применение, заключаются в простоте и удобстве обращения с ней, а также в сравнительно невысокой стоимости.

Первые системы записи телевизионного изображения

В конце 20-х годов была сделана первая попытка записать телевизионное изображение механическим способом на диск.

Принцип телевизионной передачи, как известно, состоит в поочередной передаче информации об отдельных элементарных участках оптического изображения. Плоское изображение ограничивается прямоугольной кадровой рамкой, после чего осуществляется его построчная развертка — последовательное, строка за строкой, преобразование яркостей элементарных участков изображения в электрические сигналы. В приемнике происходит соответствующее построчное восстановление изображения. Чем больше строк разложения, тем более мелкие детали изображения могут быть переданы, тем выше четкость изображения на экране телевизора.

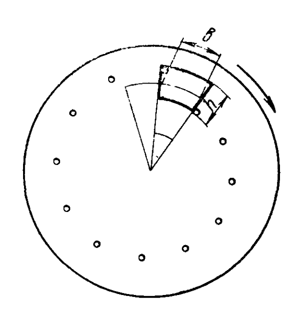


Рис. 1. Диск Нипкова для развертки телевизионного изображения механическим способом.

По принятому сейчас в СССР стандарту телевизионный кадр содержит 625 строк. Развертка изображения в передающей трубке осуществляется электронным лучом за время, равное 1/25 с, поскольку передача осуществляется со скоростью 25 кадров в секунду.

Однако первые телевизионные системы конца 20-х годов были малострочными. Развертка изображения осуществлялась механическим путем с помощью диска Нипкова (рис. 1), который изготовлялся из легкого непрозрачного материала и имел небольшие отверстия квадратной или круглой формы, расположенные по спирали. При вращении диска каждое отверстие последовательно прочерчивало в поле кадровой рамки одну строку, средняя ширина которой b, а высота h, причем расстояние между соседними отверстиями выбиралось таким, чтобы в поле кадра в каждый момент времени находилось только одно отверстие. Размеры отверстий выбирались с учетом расположения одной строки строго под другой. Таким образом, за один полный оборот диска кадр изображения прочерчивался всеми отверстиями. На рис. 1 изображено 12 отверстий. Обычно же число отверстий, а соответственно и число строк развертки выбиралось равным 30. Поскольку эта система позволила передавать детали изображения, которые по своим размерам не были меньше размеров отверстий, то при стандартном соотношении сторон кадра $h : b = 3 : 4$ можно было в каждом кадре передать $30 \times 40 = 1200$ элементов. Передача велась со скоростью 12,5 кадров в секунду, т. е. в течение одной секунды можно было передать до $1200 \times 12{,}5 = 15\,000$ элементов (деталей изображения).

Для преобразования изменений яркости изображения в изменения электрического тока использовались фотоэлементы. Когда два рядом лежащих элемента максимально отличались по яркости (черное и белое поле), ток в цепи фотоэлемента совершал колебание от минимального до максимального значения. Если передаваемое изображение представляло, например, мозаику типа шахматной доски с чередующимися черными и белыми квадратами, размер которых равнялся размеру отверстий в диске Нипкова, то в секунду совершалось 15 000 : 2=7500 колебаний, т. е. частота сигнала изображения (видеосигнала) составляла 7500 Гц. Это наивысшая частота видеосигнала. Самая низкая частота соответствовала частоте синхронизирующих импульсов строчной развертки и равнялась 30× × 12,5=375 Гц.

В 1927 г. англичанин Бэрд попытался записать видеосигнал с полосой частот 375—7500 Гц на диск. Практически в его системе «Фоновижн» были записаны сигналы с полосой до 5000 Гц, т. е. четкость изображения, воспроизводимого с отпрессованных грампластинок, была несколько хуже, чем при прямой телевизионной передаче. Но эксперимент Бэрда интересен тем, что это была первая попытка механической записи и воспроизведения изображения.

Система «Фоновид»

В дальнейшем телевидение пошло по пути увеличения четкости изображения. Число передаваемых элементов в кадре было увеличено до полумиллиона (625 строк разложения), частота смены кадров доведена до 25 кадров в секунду. Такой видеосигнал стал занимать полосу частот до 6 МГц, т. е. в 1000 раз большую. В то же время техника механической записи ограничивалась удовлетворением требований высококачественной передачи звука, для этого достаточно было расширить частотный диапазон в 3—4 раза. Естественно, долгое время никто и не помышлял об успешном повторении эксперимента Бэрда — записи телевизионного изображения механическим способом.

Так было до середины 60-х годов.

Но вот в 1968 г. появилось сообщение, что в одной из лабораторий США разработана система «Фоновид» для записи неподвижных изображений совместно со звуковым сопровождением на лаковый диск, вращающийся с частотой 33 1/3 об/мин.

Разработчик этой системы Фаар решил не выходить за пределы полосы частот, которую можно передать при использовании обычной стереофонической пластинки. С этой целью он в 180 раз увеличил время развертки одного кадра изображения, доведя его до 6 с. Сформированный таким образом видеосигнал занимал полосу частот 10 000 Гц. Самая низкая частота видеосигнала соответствовала частоте импульсов кадровой развертки и равнялась 1/6 Гц. Поскольку механическая система записи не была рассчитана на передачу сигналов такой низкой частоты, пришлось применить частотную модуляцию (ЧМ) видеосигнала.

Был применен метод ЧМ, аналогичный тому, который применяется при видеозаписи на магнитную ленту, когда несущая частота принимает значения, очень близкие к верхней частоте видеосигнала. Полоса частот сигнала при этом расширяется незначительно, не более чем в 2 раза, но ее нижняя часть располагается на достаточном расстоянии от нулевого значения.

Записанный на пластинке «Фоновид» ЧМ видеосигнал занимал полосу частот 50—20 000 Гц. В диапазоне частот 50—4000 Гц записывалось звуковое сопровождение.

При воспроизведении сигнал на выходе звукоснимателя усиливался предварительным усилителем *1* (рис. 2) и разделялся на два канала (звуковой и видео) фильтром нижних частот *2* с полосой пропускания 0—4 кГц и фильтром верхних частот *4* с полосой

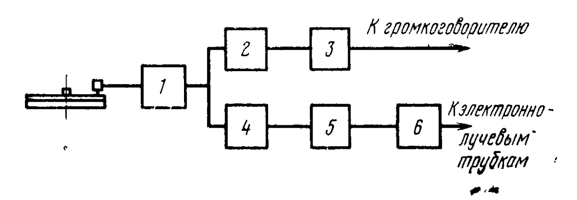


Рис. 2. Структурная схема устройства воспроизведения грампластинок, записанных по системе «Фоновид».

1 — предварительный усилитель; *2* — фильтр нижних частот (0—4 кГц); *3* — усилитель звуковых сигналов; *4* — фильтр верхних частот (>5 кГц); *5* — ограничитель; *6* — частотный демодулятор.

пропускания от 5 кГц и выше. Звуковой сигнал после усилителя *3* подавался на громкоговоритель. Сигнал изображения после ограничителя *5* и частотного демодулятора *6* поступал в устройство, состоящее из двух запоминающих электронно-лучевых трубок и синхронизатора. В течение 6 с, пока на одной трубке электронный луч медленно разворачивал очередной кадр изображения, с другой электронно-лучевой трубки осуществлялось воспроизведение изображения предыдущего кадра с помощью телевизионной развертки со стандартными параметрами. Полученный сигнал подавался затем на приемное устройство для просмотра изображения на его экране.

Описанная система, в которой смена кадров происходит через 6 с, вполне приемлема для записи и воспроизведения неподвижных изображений, например диапозитивов. На каждой стороне пластинки «Фоновид» диаметром 30 см можно записывать до 200 кадров изображения со звуковым сопровождением. Для записи движущихся изображений система «Фоновид» непригодна.

Появление видеопластинок

Стремление использовать носитель в форме диска для записи и воспроизведения стандартного телевизионного сигнала не покидало исследователей. Привлекало удобство работы с таким носителем информации. К концу 60-х годов уже в нескольких лабораториях разных стран велись интенсивные исследования в этом направлении.

И вот 24 июня 1970 г. в Западном Берлине состоялась демонстрация видеопластинки. Демонстрировавшиеся опытные образцы ви-

деопластинки и видеопроигрывателя явились плодом совместной пятилетней работы четырех изобретателей — Дикоппа и Шюллера из электронной фирмы «Телефункен» (ФРГ), Клемпа и Редлиха из фирмы грамзаписи «Тельдек» (ФРГ, Англия). С гибкой видеопластинки механическим способом воспроизводился видеосигнал и на экранах телевизоров демонстрировалось движущееся черно-белое изображение со звуковым сопровождением. Четкость изображения соответствовала 250 линиям, что позволило получить качество изображения, приемлемое для просмотра в домашних условиях. Видеопластинка диаметром 21 см обеспечивала воспроизведение в течение 5 мин.

Далее события начали развиваться очень быстро. В конце 1972 г. фирма «Тельдек» показала в Москве улучшенную видеопластинку с записью 10-минутной цветной программы под условным названием TED, т. е. телевизионный диск.

5 сентября 1972 г. голландская фирма «Филиппс» продемонстрировала долгоиграющую видеопластинку с 30-минутной цветной программой. Воспроизведение изображения осуществлялось оптическим способом с помощью луча лазера.

Система получила название VLP (Video Long Play), что означает долгоиграющая видео.

12 декабря 1972 г. американская фирма Эм-Си-Эй» представила видеопластинку «Дисковижн», во многом подобную видеопластинке VLP. Максимальная продолжительность записи на видеопластинках VLP и «Дисковижн» через некоторое время была доведена до 40 мин.

30 августа 1973 г. западно-берлинская фирма «Боген» продемонстрировала видеопластинку, основанную на магнитном способе записи и воспроизведения видеозвуковой информации.

Затем появилась разработанная американской фирмой «Эр-Си-Эй» электрическая видеопластинка, воспроизведение записи с которой основано на принципе емкостного разряда. Были опубликованы сообщения о видеопластинке для оптического воспроизведения французской фирмы «Томсон» и о фотографической видеопластинке американской фирмы «Метрикс».

В этих системах используются различные физические процессы, приводящие к записи сигналов изображения и звука, различные системы их воспроизведения. Но имеется и ряд общих положений, вытекающих из стремления сделать видеопластинку массовым средством видеозвуковой информации. К этим положениям относятся: использование в качестве носителя дешевой пластмассовой пленки, сужение до разумных пределов полосы передаваемых частот, выбор принципов построения видеопроигрывателей, обеспечивающих их минимальную стоимость.

Несмотря на большое число лабораторных разработок, массовое производство видеопластинок и видеопроигрывателей по-видимому начнется в конце 70-х — начале 80-х годов, после того как тщательно и всесторонне будут проработаны и изучены предложенные системы. Видеопластинки в нашей стране намечается тиражировать на Всесоюзной фирме грампластинок «Мелодия».

В последующих главах описываются предложенные системы видеозаписи на диск, сравниваются их информационные возможности, эксплуатационные удобства, технико-экономические показатели, а также оценивается перспективность промышленного применения.

ВИДЕОПЛАСТИНКА ДЛЯ МЕХАНИЧЕСКОГО ВОСПРОИЗВЕДЕНИЯ

Принципы механической записи видеосигналов

Механическая запись видеосигналов на диск основывается на том же принципе, что и механическая запись звуковых сигналов. Во время записи на диске вырезается спиральная канавка, форма которой изменяется в соответствии с записываемыми сигналами.

Отличие состоит в том, что частотный диапазон видеосигналов достигает нескольких мегагерц и более чем в 100 раз превосходит диапазон частот звуковых сигналов. Если бы при изготовлении видеопластинки использовали обычную технику механической записи, то ее площадь по сравнению с обычной грампластинкой пришлось бы увеличить в 100 раз. Для записи 20-минутной телевизионной программы потребовалась бы видеопластинка диаметром около трех метров!

Естественно, что изобретатели пошли по пути уплотнения записи. Здесь имеются две возможности. Во-первых, можно сократить расстояние между линиями симметрии соседних канавок, т. е. уменьшить шаг записи. Во-вторых, можно сократить расстояние между соседними отклонениями внутри канавки, т. е. уменьшить длину волны записи.

Но каковы пределы такого уплотнения? Ведь на 1 мм вдоль радиуса стереофонической пластинки уже размещаются до 10 канавок, а на 1 мм вдоль длины канавки укладываются до 10 волн сигнала. Можно ли уплотнять запись дальше?

Если посмотреть на поверхность гибкой грампластинки через электронный микроскоп, то оказывается, что можно. Ее поверхность под микроскопом выглядит довольно гладкой, так как шероховатости стенок канавки не превышают 0,01 мкм.

Известно, что неровности стенок канавки приводят к появлению помех (шума) при воспроизведении. Чтобы шум не ухудшал качество телевизионного изображения, его уровень должен быть в 100 раз (на 40 дБ) ниже уровня полезного сигнала. Это значит, что изменения формы канавки, обусловленные записываемым видеосигналом, могут быть порядка 1 мкм.

Следует отметить, что выбор системы записи сигналов всегда тесно связан со способом воспроизведения. Для механического воспроизведения видеосигналов оказался наиболее подходящим способ глубинной записи, при котором резец совершает колебания в направлении, перпендикулярном поверхности носителя. Образуется канавка, глубина которой изменяется в соответствии с записываемым сигналом (рис. 3).

Из практики механической звукозаписи установлено, что длина волны глубинной записи λ должна, по крайней мере, в 2 раза превышать размах колебаний, т. е. необходимо, чтобы $\lambda \geqslant 4A$, где A — амплитудное значение сигнала.

Если $2A = 1$ мкм, то на пластинке можно записать колебания с длиной волны до 2 мкм, т. е. уложить на 1 мм длины канавки уже не 10, как в случае стереофонической записи, а 500 волн сигнала.

Пропорционально уменьшению длины волны записи уменьшаются и поперечные размеры канавки, что обеспечивает возможность увеличения плотности канавок вдоль радиуса пластинки. Достичь

50-кратного увеличения поперечной плотности записи, правда, не удается. Все дело в угле раскрытия канавки γ. Если его взять, как у грампластинок, равным 90°, то возникают затруднения при воспроизведении видеозаписи. Угол раскрытия канавки выбирают равным 120—160°. При таком угле уменьшается горизонтальная составляющая прижимной силы видеоснимателя (по сравнению с вертикальной), облегчаются условия скольжения воспроизводящего элемента по канавке и уменьшается износ видеопластинки. В первых лабораторных образцах видеопластинок угол раскрытия канавки составлял 150°. Максимальная ширина канавки в местах наибольшего углубления составляла при этом 7 мкм. Такой же величины был выбран шаг записи h, что привело к плотности записи 140 канавок на миллиметр. В дальнейшем благодаря уменьшению угла раскрытия и уменьшению амплитуды записи до 0,2 мкм поперечная плотность записи была удвоена. С такой плотностью (280 канавок на миллиметр) и были изготовлены первые образцы видеопластинок, предназначенных для воспроизведения механическим способом.

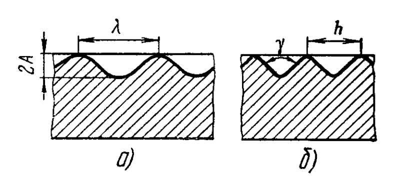


Рис. 3. Разрез видеопластинки.
а — вдоль канавки; *б* — вдоль радиуса.

Следующим существенным отличием механической видеозаписи от обычной грамзаписи явилось применение ЧМ видеосигнала. Стало возможным колебания разных частот записывать с одинаковыми амплитудами и располагать канавки вплотную друг к другу, практически без полей между ними. Все впадины такой канавки располагаются на одном постоянном уровне, а все возвышения — на другом уровне. В зависимости от яркости видеосигнала меняется расстояние между соседними впадинами (возвышениями), т. е. меняется длина волны записи.

Перед подачей на частотный модулятор видеосигнал ограничивается фильтром нижних частот с частотой среза 3 МГц, что вполне достаточно для передачи телевизионного изображения с четкостью 250 линий.

Конечно, введение ЧМ привело к некоторому расширению диапазона частот записываемого сигнала. Как уже отмечалось, при используемом для видеозаписи способе ЧМ верхняя частота диапазона увеличивается почти вдвое. Но если бы ЧМ не была применена, амплитуда записываемого сигнала не была бы постоянна, ширина записываемой канавки менялась бы в значительных пределах и нельзя было бы так плотно разместить канавки на видеопластинке

Таким образом, уменьшение длины волны записи, увеличение ее поперечной плотности и применение ЧМ позволили значительно увеличить поверхностную плотность записи на видеопластинке.

Запись звукового сопровождения и запись сигналов цвета

Звуковой сигнал занимает по сравнению с сигналом изображения довольно узкую полосу частот. На видеопластинке решено было звуковой сигнал записывать не на отдельной звуковой дорожке, как

это, например, сделано в кинофильме, а передавать по тому же каналу, что и сигнал изображения, т. е. записывать в общей канавке.

В первых образцах видеопластинок был применен своеобразный способ записи звукового сигнала, при котором звуковая информация передавалась прерывисто только в моменты прохождения строчных гасящих импульсов. На задней площадке каждого гасящего импульса располагался дополнительный импульс, ширина которого соответствовала мгновенному значению амплитуды звукового сигнала (способ широтно-импульсной модуляции). Строчные гасящие импульсы следуют с довольно большой частотой, равной 15 625 Гц, и потери звуковой информации при таком способе передачи невелики. При воспроизведении обычно удается выделить сигнал с верхней частотой, которая в 2 раза меньше частоты квантования.

Все же воспроизведение звука с полосой частот до 8 кГц в настоящее время не считается высококачественным. Поэтому в видеопластинках системы ТЕД был применен другой способ записи звукового сопровождения. Звуковой сигнал модулирует по частоте несущую 1,1 МГц. Это ЧМ колебание накладывается на ЧМ видеосигнал. Чтобы звуковой сигнал не проявлялся в виде помехи на изображении, амплитуда несущей частоты звука берется в 30 раз меньше амплитуды несущей изображения.

Изменения формы канавки, вызываемые звуковым сигналом, настолько малы, что их с трудом можно рассмотреть даже через растровый электронный микроскоп. Тем не менее качество звукового сопровождения оказывается достаточно хорошим. Дело в том, что спектр ЧМ звукового сигнала занимает узкую полосу частот — всего 0,1 МГц, поэтому полезный сигнал хорошо отфильтровывается от шума.

Принятый способ обеспечил возможность записи на видеопластинке двух звуковых сигналов. Несущая первого звукового канала равна 1,1 МГц, а второго — 0,8 МГц. По двум звуковым каналам может передаваться стереофоническое сопровождение, либо второй канал может использоваться для передачи звукового сопровождения на другом языке.

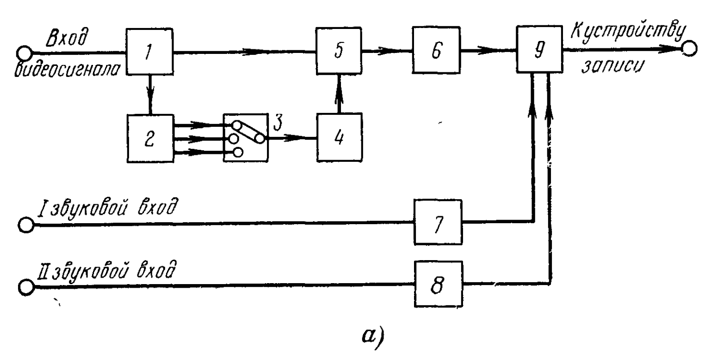
На видеопластинке можно записывать сигналы как черно-белого, так и цветного изображения. Видеопластинки с записью цветного изображения обычно обладают свойством совместимости, т. е. позволяют получить изображение на черно-белом телевизоре. Такого результата добиваются благодаря тому, что к основному черно-белому телевизионному сигналу, несущему информацию о яркости отдельных участков изображения (яркостный сигнал), добавляют в закодированном виде цветовые сигналы, которые при использовании цветного телевизора создают цветное изображение, а в черно-белом телевизоре вообще не используются.

Непосредственная запись сигналов, соответствующих используемым системам цветного телевидения НТСИ, ПАЛ или СЕКАМ, на видеопластинках невозможна ввиду того, что основная часть спектра цветовых сигналов в этих системах приходится на область 3—6 МГц, т. е. выходит за пределы полосы частот, записываемых на видеопластинке.

В системе ТЕД применили запись цветовых сигналов, кодированных способом троекратного временного уплотнения — способом ТРИПАЛ-Д. Согласно этому способу три основных цветовых сигнала (красный, зеленый синий) записываются последовательно со строчным перемежением. Первая строка содержит только красный

сигнал, вторая — только зеленый, третья — только синий, затем цикл повторяется. Полоса частот каждого из цветовых сигналов ограничивается на частоте 0,5 МГц. В каждой строке дополнительно передаются высокочастотные составляющие сигнала яркости (в полосе от 0,5 до 3 МГц), обеспечивающие получение изображения достаточно высокой четкости.

Структурная схема формирования полного видеосигнала показана на рис. 4,*а*. Видеосигнал, поступающий с выхода цветного



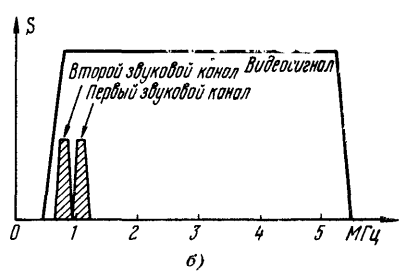


Рис. 4. Сигнал, записываемый на видеопластинке ТЕД.

а — структурная схема формирования сигнала: *1* — разделительный фильтр; *2* — декодирующее устройство; *3* — коммутатор; *4* — фильтр нижних частот (<0,5 МГц); *5* — сумматор; *6*, *7*, *8* — ЧМ модуляторы; *9* — сумматор; *б* — частотный спектр сигнала.

видеомагнитофона, проходит через разделительный фильтр *1*. Узкополосная составляющая сигнала яркости *Y* подводится к суммирующему устройству *5*, а сигнал цветности *C* — к декодирующему устройству *2*. Выделенные сигналы основных цветов *R*, *G*, *B* подаются на электронный коммутатор *3*, который распределяет их в строчную последовательность. Спектр кодированного цветового сигнала ограничивается фильтром нижних частот *4* (частота среза 0,5 МГц), после чего цветовой сигнал смешивается с яркостным в сумматоре *5*. В частотном модуляторе *6* суммарный сигнал модулирует частоты, лежащие в диапазоне 2,8—3,8 МГц. Оба сигнала звукового сопровождения также подвергаются частотной модуляции в модуляторах *7* и *8*, после чего все три сигнала смешиваются с требуемым соотношением в суммирующем устройстве *9*.

Спектр суммарного сигнала, записываемого на механической видеопластинке, представлен на рис. 4,*б*.

Вследствие перекрытия спектров могут возникнуть искажения звука при проникании в канал звукового сопровождения составляющих видеосигнала. Для предотвращения таких искажений во время

записи производят увеличение амплитуды несущей звука в моменты передачи мелкоструктурных участков изображения.

В связи с применением такого способа подавления помех возникает следующий вопрос: если для предотвращения искажений изображения из-за сигналов звукового сопровождения понадобилось понизить уровень несущей звука на 30 дБ относительно несущей изображения, то почему же кратковременные увеличения амплитуды несущей звука не приводят к искажениям изображения?

Звуковые сигналы действительно искажают указанные участки изображения, но искажаются только его мелкие структуры и это остается незаметным для зрителя. В этом состоит эффект «оптического маскирования», аналогичный эффекту «акустического маскирования», который заключается в том, что помеха менее заметна, если в том же диапазоне частот присутствуют составляющие полезного сигнала.

Технология изготовления видеопластинки

Видеопластинки изготовляют из поливинилхлоридной пленки способом быстрого штампования, как и гибкие грампластинки.

Для изготовления видеопластинок могут использоваться также пленки из полиуретана и полиэстера (лавсана), обладающие свойством упругой деформации. Это важно, как мы увидим в дальнейшем, для процесса воспроизведения записи с видеопластинок механическим способом, причем модуль упругости пленки должен лежать в пределах от 300 до 1000 МПа (1 Па=0,01 г/см^2).

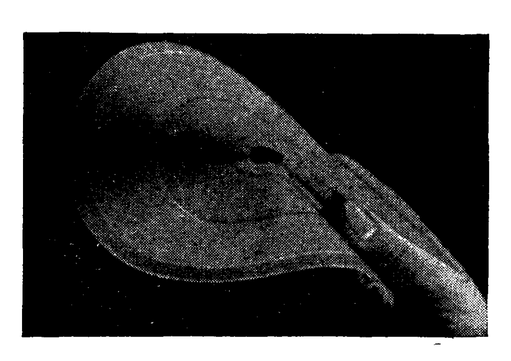


Рис. 5. Видеопластинка для механического воспроизведения.

Толщина видеопластинки составляет 0,1 мм и лишь немного превышает толщину газетной бумаги. Зона записи располагается только с одной стороны. Односторонние видеопластинки более удобны в эксплуатации, особенно в проигрывателях с автоматической сменой видеопластинок.

Видеопластинки ТЕД имеют диаметр 21 см. Предполагается, что в будущем видеопластинки будут пересылаться по почте и даже брошюроваться в видеожурналы, подобно известному звуковому журналу «Кругозор».

По внешнему виду видеопластинка очень похожа на гибкую грампластинку (рис. 5). Так же, как и грампластинка, она содержит зону записи и центральную часть без записи, так называемое зеркало. Канавка начинается от внешнего края и идет по спирали к центру видеопластинки.

Частота вращения при записи выбирается такой, чтобы одному обороту видеопластинки соответствовал полный телевизионный кадр. Кадровые и строчные синхронизирующие импульсы располагаются при этом вдоль радиусов (рис. 6). Вследствие того, что изменения формы канавки, соответствующие записанной информации, соизмеримы с длиной световых волн, поверхность видеопластинки при дневном освещении принимает красивую радужную окраску.

Диаметр внешней канавки выбран 20 см, а внутренней — 10 см. При плотности записи 280 канавок/мм на видеопластинке может

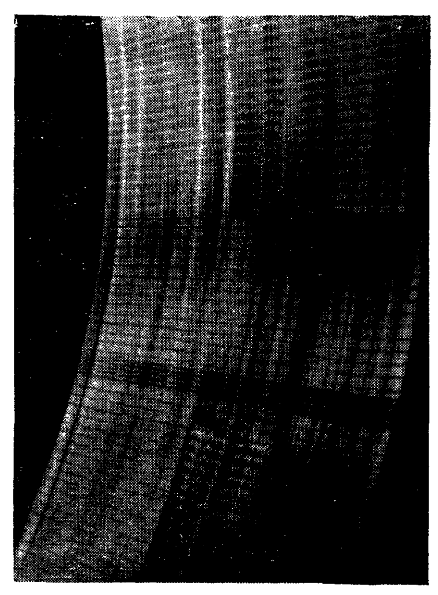


Рис. 6. **Участок поверхности видеопластинки. Синхронизирующие импульсы** образуют радиальные линии.

быть записана 10-минутная программа. Дальнейшее увеличение продолжительности программы путем расширения зоны записи к центру нежелательно, поскольку с уменьшением диаметра канавки уменьшается и минимальная длина волны записи. При выбранных размерах зоны записи для внешней канавки она равна 3 мкм, а для внутренней — 1,5 мкм.

Технологический процесс изготовления видеопластинок аналогичен процессу изготовления грампластинок (рис. 7). Он состоит из трех этапов: записи, гальванизации и формования.

Источником информации при записи звука и изображения обычно служит кинофильм, который воспроизводится телекинопроектором *1* (рис. 7). Сигналы изображения и звука проходят через частотный модулятор *2*, смешиваются и подаются на рекордер *3*, который нарезает канавки на лаковом диске *4*. При этом используются те же станки записи, что и при производстве грампластинок. Поскольку вследствие механической инерционности рекордер не может записывать сигналы высоких частот, прибегают к транспонированию спектра ЧМ сигналов в низкочастотную область, уменьшая скорость движения кинофильма в определенное число раз.

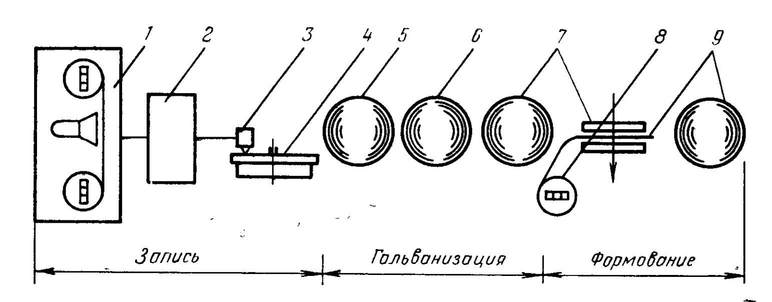


Рис. 7. Процесс изготовления видеопластинок.

1 — телекинопроектор; *2* — частотный модулятор; *3* — рекордер; *4* — лаковый диск; *5* — первый оригинал; *6* — второй оригинал; *7* — матрица; *8* — поливинилхлоридная пленка в рулоне; *9* — видеопластинка.

Если понизить скорость в 150 раз и воспроизводить в телекинопроекторе каждый кадр не за 1/25 с, а за 6 с, как это было сделано в системе «Фоновид», то спектр частот видеосигнала будет лежать в пределах диапазона звуковых частот. При воспроизведении видеопластинка вращается в 150 раз быстрее, чем лаковый диск при записи, и мы получаем первоначальный спектр видеосигнала.

Нарезание канавки не обязательно должно осуществляться механическим способом. Можно, например, использовать тонкий луч света от лазера, интенсивность которого меняется в соответствии с записываемым сигналом. Поверхность диска *4* покрывается тонким слоем металла (висмут), и лазерный луч выжигает в нем рельефную канавку. В этом случае запись можно вести в масштабе реального времени, не прибегая к переносу частотного спектра.

С диска *4* гальваническим способом изготовляется негативная металлическая копия *5*, так называемый первый оригинал. Такая копия уже может быть использована для формования видеопластинок. Однако с помощью одной металлической копии можно получить небольшое число видеопластинок. Для массового тиражирования видеопластинок с первого оригинала тем же гальваническим способом изготовляют несколько вторых оригиналов *6*; а с последних — матрицы *7*. Металлической матрицей из рулона поливинилхлоридной пленки *8* штампуются видеопластинки *9*. Применяется технология быстрого штампования. В настоящее время цикл штампования занимает от 10 до 20 с, в дальнейшем скорость тиражирования предполагается довести до 200 видеопластинок в минуту, т. е. до скорости, сравнимой со скоростью печатания газет.

Поскольку видеопластинка должна иметь более гладкую поверхность, чем грампластинка, применяются специальные меры по очистке ванн в процессе гальванизации. По этой же причине повышенные требования предъявляются к однородности материала, используемого для изготовления видеопластинок.

Принцип механического воспроизведения видеопластинок

На опыте работы с грампластинками мы убедились, что механический принцип воспроизведения записанной информации обеспечивает довольно простую конструкцию проигрывателя. Заманчиво было использовать такой принцип и при воспроизведении видеопластинки. Для решения этой задачи пришлось разработать принципиально новый способ воспроизведения информации.

При классическом способе механического воспроизведения воспроизводящий элемент (игла) звукоснимателя отклоняется стенками звуковой канавки. Электромеханический преобразователь преобразует механические колебания иглы в электрические. Радиус закругления острия иглы должен быть настолько мал, чтобы она могла обогнуть мельчайшие отклонения канавки. В современных стереофонических звукоснимателях радиус закругления острия иглы составляет всего 13—19 мкм. И все же при воспроизведении сигналов высокой частоты возникают так называемые искажения огибания, обусловленные тем, что траектория движения иглы по канавке не является точной копией отклонений резца. Кроме того, подвижная система головки звукоснимателя имеет определенную массу, а стенки звуковой канавки не совершенно жесткие, т. е. имеют некоторую гибкость. Гибкость стенок канавки и действующая масса подвижной системы обусловливают появление резонанса на высоких частотах. Амплитуда воспроизводимых колебаний на частоте резонанса увеличивается, а при дальнейшем увеличении частоты начинает быстро падать: сказывается инерция массы. Сигналы выше частоты резонанса практически не воспроизводятся. Современные преобразователи с механической подвижной системой обеспечивают воспроизведение сигналов с частотами не выше 50—80 кГц. С видеопластинки необходимо воспроизводить сигналы с частотами в несколько мегагерц.

Таким образом, есть две причины, которые не позволили применить классический принцип воспроизведения механической звукозаписи к воспроизведению сигналов с видеопластинки.

Первая — это высокая плотность записанной информации, требующая, чтобы радиус закругления острия иглы был меньше одного микрона. Такая острая игла привела бы к разрушению канавки видеопластинки.

Вторая причина — большой диапазон частот видеосигнала: до нескольких миллионов колебаний в секунду. Видеосниматель, обладающий конечной массой, не в состоянии повторять такие быстрые изменения формы канавки.

Выход был найден в отказе от подвижной системы, колеблющейся вследствие изменений формы канавки, и в применении видеоснимателя, регистрирующего изменения давления. Приемник движения был заменен, таким образом, приемником давления.

Приемник давления при воспроизведении остается практически в неподвижном состоянии. К нему прижимается вращающаяся ви-

деопластинка. Возвышения и углубления канавки приводят к появлению переменной составляющей прижимной силы, которая и представляет собой записанный на пластинке сигнал.

Чтобы избежать разрушения канавки видеопластинки, в видеоснимателе применяется воспроизводящий элемент, выполненный в виде санного полоза (рис. 8). Он имеет с одной стороны пологое закругление, а с другой — острое ребро. При вращении видеопластинки гребни канавки набегают на пологое закругление полоза, сжимаются, а затем выпрыгивают из-под острого ребра. Полоз легко скользит по гребням канавки, не разрушая их, поскольку материал видеопластинки обладает упругой деформацией, он может сжиматься и разжиматься в определенных пределах.

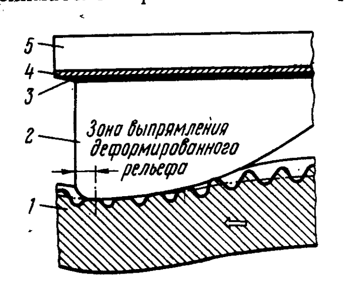


Рис. 8. Головка видеоснимателя.

1 — видеопластинка; *2* — алмазный полоз; *3* — слой клея или припоя; *4* — электрод; *5* — пьезокерамический преобразователь.

Относительные размеры деталей головки видеоснимателя на рис. 8 изменены, чтобы она была более понятной. На самом же деле под полозом одновременно находятся до 100 гребней канавки. Сжатые гребни давят на полоз с постоянной силой. Набегающее ребро направлено под острым углом (1—20°) к поверхности видеопластинки, и радиус его закругления более чем в 3 раза превышает максимальную длину волны записи. Сбегающее ребро, напротив, перпендикулярно к поверхности, а радиус его закругления меньше поло-

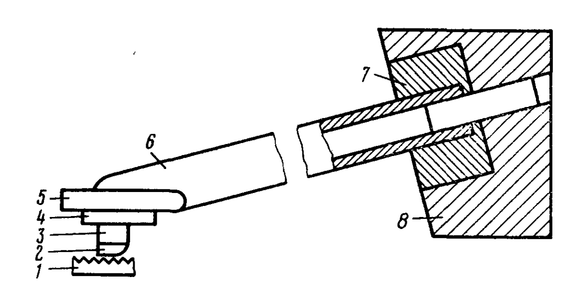


Рис. 9. Продольное сечение головки видеоснимателя.

1 — видеопластинка; *2* — алмазный полоз; *3* — пьезокерамический преобразователь; *4* — эластичный слой; *5* — держатель; *6* — опорная трубка; *7* — демпфирующее кольцо; *8* — корпус видеоснимателя.

вины минимальной длины волны записи и составляет примерно 0,5 мкм. По этой причине видеосниматель способен оценивать значение каждой длины волны записи, т. е. расстояние между соседними гребнями канавки. Когда из-под острого ребра выскальзывает очередной гребень, то постоянное давление скачкообразно изменяет-

ся. Мгновенная разгрузка давления регистрируется пьезоэлементом, механически связанным с полозом. Видеосниматель реагирует таким образом не на всю информацию, записанную в области касания полоза с видеопластинкой, а только на ту ее часть, которая находится под его острым ребром.

На рис. 9 дано продольное сечение головки видеоснимателя, установленной на видеопластинку *1*. Алмазный полоз *2* прочно укреплен на пьезокерамическом преобразователе *3*. Электрический сигнал возникает на расположенных по бокам преобразователя электродах. Преобразователь крепится с помощью эластичного промежуточного слоя *4* к ушку-держателю *5*, которое находится у основания полой опорной трубки *6*. Через демпфирующий материал *7* опорная трубка соединяется с корпусом видеоснимателя *8*.

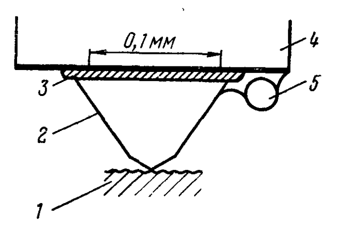


Рис. 10. Поперечное сечение головки видеоснимателя.

1 — видеопластинка; *2* — алмазный полоз; *3* — слой клея; *4* — пьезокерамический преобразователь; *5* — проволочный вывод.

Размеры видеоснимателя выбраны из расчета, чтобы в диапазоне воспроизводимых частот не было механических резонансов. Это условие выполняется в том случае, если линейные размеры пьезокерамического преобразователя меньше 0,2 мм.

Прижимная сила видеоснимателя составляет примерно 0,002 Н. Так как воспроизводящий элемент практически остается неподвижным, то такая прижимная сила оказывается достаточной для его удержания в канавке.

На рис. 10 показано поперечное сечение полоза, пьезокерамического преобразователя и поверхностного слоя видеопластинки. Этот рисунок более правильно иллюстрирует относительные размеры деталей видеоснимателя, чем рис. 9.

Несмотря на то что вертикальные перемещения алмазного полоза при воспроизведении записи составляют всего лишь несколько десятитысячных долей микрона, датчик давления развивает переменное выходное напряжение, равное 10—20 мВ. При постоянной возбуждающей силе это напряжение остается неизменным в диапазоне частот от нескольких сотен килогерц до 6 МГц. Полезный сигнал на выходе датчика при этом в 1000 раз (на 60 дБ) превышает уровень его собственных шумов, а также шумов предварительного видеоусилителя.

Перед поступлением на антенный вход телевизора воспроизведенный сигнал обрабатывается в электрическом канале видеопроигрывателя и преобразуется в стандартный телевизионный сигнал. Упрощенная структурная схема системы обработки сигнала показана на рис. 11. Верхняя часть схемы предназначена для обработки сигнала звукового сопровождения. Стандартный видеопроигрыватель имеет только один канал звука, что достаточно для подключения к современным телевизорам. Однако видеопроигрыватели для специальных применений имеют также второй звуковой канал, который может быть использован для передачи звукового сопровождения на втором языке или же (совместно с первым каналом) для передачи стереофонического звучания.

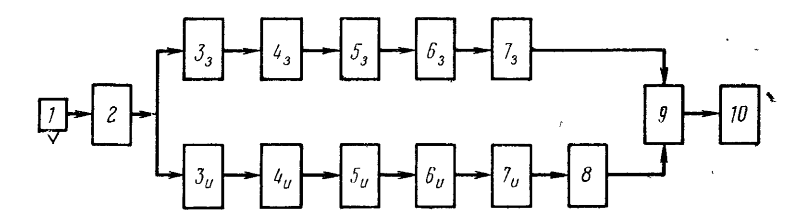


Рис. 11. Структурная схема канала воспроизведения записи с видеопластинки системы ТЕД.

1 — видеосниматель; *2* — предварительный усилитель; $3_з$ и $3_и$ — полосовые фильтры звука и изображения; $4_з$ и $4_и$ — ограничители; $5_з$ и $5_и$ — ЧМ демодуляторы; $6_з$ и $6_и$ — фильтры нижних частот; $7_з$ и $7_и$ — усилитель звука и видеоусилитель; *8* — блок обработки цветовых сигналов; *9* — УКВ модулятор; *10* — телевизор.

Нижняя часть схемы рассчитана на обработку сигналов как черно-белого, так и цветного изображения. В зависимости от того, на какую систему цветного телевидения рассчитан телевизор, используется соответствующий блок обработки цветовых сигналов.

Конструкция видеопроигрывателя

Кинематическая схема видеопроигрывателя показана на рис. 12. Он похож на проигрыватель грампластинок. Видеопластинка приводится во вращение с помощью электродвигателя *1* и ведущего вала *9*. Но имеются и существенные отличия.

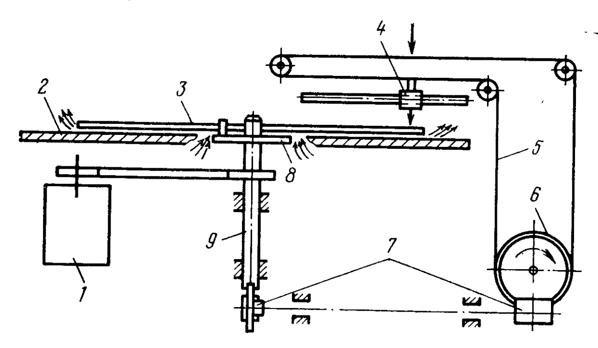


Рис. 12. Кинематическая схема видеопроигрывателя с принудительной подачей воспроизводящего щупа.

1 — электродвигатель; *2* — стол; *3* — видеопластинка; *4* — видеосниматель; *5* — тросик; *6* — барабан; *7* — узел подачи; *8* — центральный диск; *9* — ведущий вал.

Первое отличие состоит в том, что видеосниматель *4* с помощью тросика *5*, кинематически связанного через барабан *6* и узел подачи *7* с ведущим валом *9*, принудительно перемещается вдоль своей направляющей. За один оборот видеопластинки видеосниматель

смещается вдоль направляющей к центру на 3,5 мкм, т. е. на ширину канавки. Канавка принимает на себя функцию точного ведения головки видеоснимателя, которая для этой цели подвешена эластично. С помощью этой подвески компенсируются радиальные биения (эксцентриситет) видеопластинки.

Второе отличие от проигрывателя грампластинок состоит в том, что видеопроигрыватель не имеет обычного диска для установки грампластинки: гибкая видеопластинка *3* приводится во вращение с помощью небольшого центрального диска *8* и под действием центробежной силы принимает горизонтальное положение на небольшом расстоянии от неподвижного стола *2*.

При скорости вращения 1500 об/мин между видеопластинкой и столом образуется тонкая воздушная подушка. С помощью такого способа стабилизации движения вертикальные биения видеопластинки (колебания по высоте) удается снизить до 50 мкм. Поскольку гибкая видеопластинка располагается над поверхностью неподвижного стола, то проигрывание осуществляется бесшумно. Вместе с тем ослабляется передача видеоснимателю внешних ударов и вибраций.

Таким образом, применение гибкой пленки в качестве материала видеопластинки позволяет не только уменьшить ее стоимость и увеличить скорость тиражирования, но также упростить конструкцию видеопроигрывателя.

Если при проигрывании видеопластинки на некоторое время отключить механизм перемещения видеоснимателя, то благодаря своей эластичной подвеске головка будет следовать по одному и тому же витку спирали. В этом случае на экране телевизора будет воспроизводиться один и тот же кадр изображения. Перескакивание головки с канавки на канавку не искажает неподвижное изображение, наблюдаемое на экране телевизора. Ни видеосниматель, ни видеопластинка при этом не повреждаются. Ухудшение качества наступает только после нескольких тысяч таких повторений. Смена неподвижных кадров производится при помощи малогабаритного электромагнита, на который в необходимые моменты времени подаются кратковременные импульсы возбуждения. Под воздействием электромагнита головка видеоснимателя поднимается над данной канавкой, а затем опускается на соседнюю канавку.

Несмотря на незначительную ширину канавки и небольшую прижимную силу, обращение с видеопроигрывателем оказывается более простым, чем с высококачественным проигрывателем грампластинок.

Для воспроизведения записи видеопластинка, упакованная в специальный конверт, вставляется в приемную щель на передней панели видеопроигрывателя (рис. 13). Конверт служит для защиты видеопластинки от загрязнения и механических повреждений. Для правильной установки и фиксации в видеопроигрывателе конверт *1* имеет две прорези *2* (рис. 14). Видеопластинка *3* извлекается из конверта с помощью транспортирующих роликов *4*, огибает закругленную направляющую *5*, устанавливается на стол проигрывателя *6* и фиксируется на приводном диске *7*. Относительно простая установка видеопластинки возможна благодаря гибкости ее материала. Извлечение видеопластинки из конверта и установка ее в рабочее положение осуществляются поворотом ручки видеопроигрывателя. При следующем повороте ручки включается движущий механизм и видеосниматель опускается на видеопластинку. После окончания воспроизведения ручку поворачивают в обратном направлении; при

этом сначала видеосниматель устанавливается в положение покоя, а затем видеопластинка возвращается в конверт.

Видеопроигрыватель можно оборудовать автоматом для смены видеопластинок. Одна из конструкций автомата изображена на рис. 15. Видеопластинки *1* собираются в стопку высотой до 5 мм

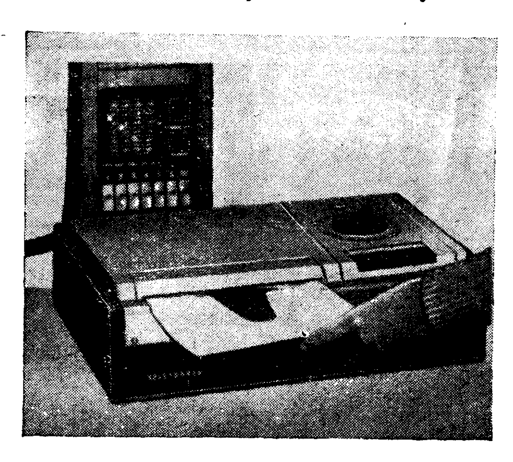


Рис. 13. Заправка конверта с видеопластинкой в видеопроигрыватель.

и укладываются в магазин *6*, откуда нижняя видеопластинка извлекается с помощью транспортирующего колеса *2* и устанавливается на шпиндель приводного диска *3*. После окончания воспроизведения видеопластинка с помощью ролика *5* направляется в собирающий карман *4*. Сигнал для смены видеопластинки может быть получен от гальванического покрытия, нанесенного на конечные канавки зоны записи, или от импульсов, записанных в этих канавках.

Фирма «Телефункен» разработала конструкцию автомата для 12′ видеопластинок, вложенных в конверты.

Устройство автоматической смены видеопластинок позволяет владельцу видеопроигрывателя по собственному усмотрению составлять программы показа фильмов, менять

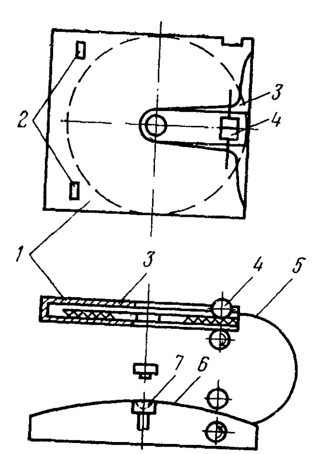


Рис. 14. Устройство для извлечения видеопластинки из конверта.

1 — конверт; *2* — прямоугольные прорези; *3* — видеопластинка; *4* — транспортирующий ролик; *5* — направляющая скоба; *6* — стол проигрывателя; *7* — диск.

последовательность воспроизведения отдельных видеопластинок. Кроме того, в процессе воспроизведения можно добавлять видеопластинки для удлинения программы. Поэтому общая длительность демонстрации практически не ограничена. Длительность паузы для замены видеопластинки не превышает 5 с. После просмотра

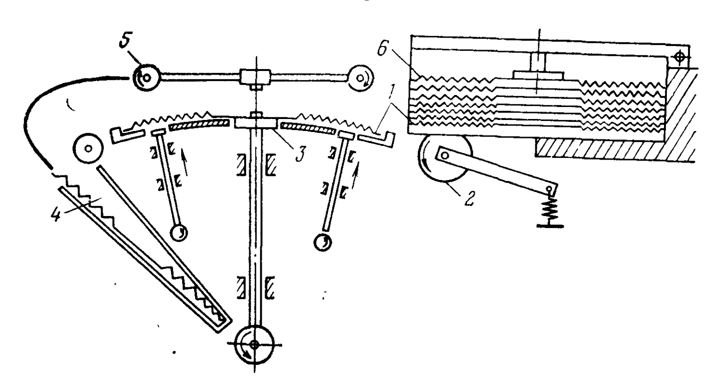


Рис. 15. Кинематическая схема видеопроигрывателя с автоматической сменой видеопластинок.

1 — видеопластинки; *2* — транспортирующее колесо; *3* — приводной диск; *4* — собирающий карман; *5* — транспортирующий ролик; *6* — магазин.

десятиминутной программы такая пауза считается вполне допустимой.

Быстродействие автомата обеспечивается благодаря использованию видеопластинок с записью на одной стороне. Это же обстоятельство позволило сделать его дешевле автомата, предназначенного для воспроизведения записи с двух сторон грампластинки.

Наиболее дорогим и ответственным элементом видеопроигрывателя является алмазный полоз. В процессе воспроизведения он изнашивается. Срок службы полоза может быть существенно увеличен и доведен до 500—1000 ч, если в процессе эксплуатации его периодически полировать. Для полировки используется специальная пластинка, канавки которой покрыты впрессованной алмазной пылью. Немодулированные канавки этой пластинки имеют такой же угол раскрытия, как и у видеопластинки, но большую глубину. Иногда видеопроигрыватель снабжается специальным полирующим валиком небольшого диаметра, который приводится во вращение от основного двигателя. Процесс полировки занимает всего несколько секунд, причем каждый раз алмазный полоз стачивается менее чем на 0,01 мм.

Следует отметить, что при воспроизведении записи с видеопластинки вследствие трения полоза о стенки канавки возникают электростатические заряды, вызывающие притяжение пыли и прилипание видеопластинки к столу проигрывателя. Чтобы избежать этого, нижнюю (нерабочую) поверхность видеопластинки покрывают тонким слоем электропроводящего материала. При наличии контакта между слоем электропроводящего материала и диском видеопроигрывателя электростатический заряд нейтрализуется и разности по-

тенциалов между видеопластинкой и поверхностью стола не возникает. Можно отказаться от нанесения на видеопластинку электропроводящего слоя, но в этом случае поверхность стола видеопроигрывателя должна быть выполнена из электроизоляционного материала с малой диэлектрической постоянной. Чем меньше диэлектрическая постоянная этого материала, тем меньше сила его взаимодействия с видеопластинкой.

ВИДЕОПЛАСТИНКА ДЛЯ ОПТИЧЕСКОГО ВОСПРОИЗВЕДЕНИЯ

Технология изготовления видеопластинки для оптического воспроизведения

Информацию, записанную на видеопластинке в виде микроскопических изменений формы канавки (дорожки записи), можно воспроизводить также оптическим способом с помощью узкого луча лазера, который после отражения оказывается промодулированным в соответствии с записанным сигналом.

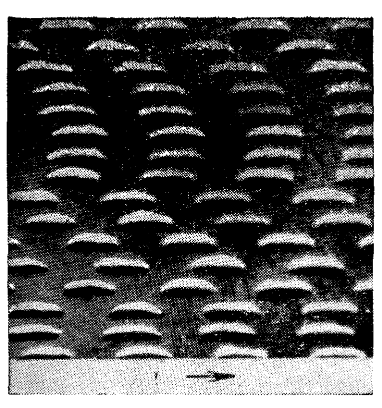


Рис. 16. Участок поверхности видеопластинки, предназначенной для оптического воспроизведения (увеличение в 1000 раз).

При изготовлении видеопластинки для оптического воспроизведения, как и при изготовлении видеопластинки для механического воспроизведения, стремятся обеспечить высокую плотность записи. Для этой цели используют те же методы: уменьшают длину волны записи, увеличивают поперечную плотность записи и применяют ЧМ.

Видеосигналы вместе с импульсами синхронизации и звуковой информацией записываются на спиральной дорожке, которая разворачивается не как обычно от края пластинки к центру, а в обратном направлении. За один оборот на видеопластинке записывается полный телевизионный кадр (два полукадра с импульсами синхронизации). Запись имеет вид последовательности микроскопических углублений шириной 0,8 и глубиной 0,16 мкм. Информация передается благодаря изменениям длины углублений от 0,6 до 4 мкм и расстояния между ними.

На рис. 16 показано расположение углублений на видеопластинке. Спиральные дорожки проходят в направлении, указанном стрелкой. Расстояние между линиями симметрии смежных дорожек (шаг записи) составляет 2 мкм, что соответствует поперечной плотности записи 500 дорожек/мм. Это почти в 2 раза больше, чем на видеопластинках, предназначенных для механического воспроизведения.

На видеопластинке диаметром 30 см можно разместить до 60 000 дорожек записи и обеспечить тем самым запись 40-минутной программы. Для записи одного кадра изображения отводится в среднем 1 мм^2 площади видеопластинки.

Процесс изготовления видеопластинок для оптического воспроизведения напоминает процесс тиражирования видеопластинок для механического воспроизведения, хотя и имеет ряд отличий.

Последовательность технологических операций указана в табл. 1. Одновременно в таблице иллюстрируются результаты изменений поверхностного слоя видеопластинки после каждой операции.

Сначала из пластины матового стекла толщиой 6 мм вырезают диск диаметром 35 см, что несколько превышает диаметр будущей видеопластинки. Такое стекло имеет обычно неровную поверхность и на 1 мм^2 может содержать до сотни выемок. Поэтому для сглаживания глубоких выемок его поверхность тщательно полируется методами, используемыми при производстве оптических элементов, и подвергается химической очистке. Далее диск помещается в вакуумную установку для напыления металлического покрытия толщиной несколько сотых долей микрона.

Запись осуществляется в устройстве, схематически изображенном на рис. 17. Луч аргонового лазера *1*, пройдя через электронно-оптический модулятор *2*, который изменяет интенсивность луча в соответствии с записываемыми сигналами, а также через сложную систему призм, линз и зеркал, попадает на вращающийся диск *8* и выжигает на его металлическом покрытии последовательность отверстий, располагающихся по спирали. Лазер имеет мощность 100 мВт. Большая световая мощность и отсутствие в записывающей установке элементов инерционности позволяют вести запись в масштабе реального времени при частоте вращения диска 25 об/с.

Часть элементов оптической системы располагается на подвижной плате *7*, которая с помощью червячного механизма *6* перемещается в направлении, параллельном плоскости диска. При этом обеспечивается плавное смещение светового пятна, образуемого записывающим лучом *3* на металлической поверхности, вдоль радиуса диска со скоростью 0,05 мм/с.

Контроль качества записи осуществляется непосредственно в процессе ее выполнения. Для этого в устройстве предусмотрена воспроизводящая система, работающая на основе гелий-неонового лазера *9*, мощностью 1 мВт. Воспроизводящий луч *5*, пройдя через свою систему зеркал и линз, достигает поверхности диска в том месте, где только что произошло образование отверстий, и, отражаясь от промежутков между отверстиями, возвращается обратно, попадая в конце концов на фотодиод *4* предварительного усилителя воспроизведения видеосигнала. Далее усиленный сигнал подается на вход видеоконтрольного устройства, на экране которого и просматривается записанное изображение. Воспроизведение производится через 1 мкс после записи сигналов, поскольку расстояние между точками записи и воспроизведения на диске составляет 10 мкм.

Источником сигнала, который управляет работой электронно-оптического модулятора, служит видеомагнитофон, если первичная программа записана на магнитной ленте, или телекинопроектор, если в качестве исходного материала для записи используется кинофильм.

Перед записью сигналы изображения и звука подвергаются довольно сложной обработке. Сигнал яркости, ограниченный до

Таблица 1

Технологическая операция	Увеличенное изображение пластинки (сечение вдоль дорожки записи)
1. Изготовление стеклянного диска	
2. Нанесение тонкого слоя металла в вакууме	
3. Запись лазерным лучом	Направление пишущего луча
4. Нанесение слоя фоторезистивного материала	
5. Облучение фоторезистивного материала ультрафиолетовым светом и смыв неполимеризировавшегося материала	Направление облучения

Технологическая операция	Увеличенное изображение пластинки (сечение вдоль дорожки записи)
6. Получение никелевой матрицы	
7. Прессование пластинки из поливинилхлоридной пленки	
8. Металлизация информационной поверхности видеопластинки и нанесение слоя защитного покрытия	Направление воспроизводящего луча

Условные обозначения

Стекло

Никель

Поливинилхлорид

Металлическое покрытие

Фоторезистивное покрытие

Защитное покрытие

частоты 3 МГц, модулирует по частоте несущую 6 МГц (рис. 18,*а*). Девиация частоты составляет ±1,3 МГц, т. е. меньше, чем ширина полосы передаваемой информации. Возникающие вследствие частотной модуляции боковые полосы занимают довольно широкую область. В нижней части частотного диапазона она начинается с частоты 2,5 МГц; верхние боковые полосы вообще исключаются с помощью фильтра с граничной частотой 6,5 МГц.

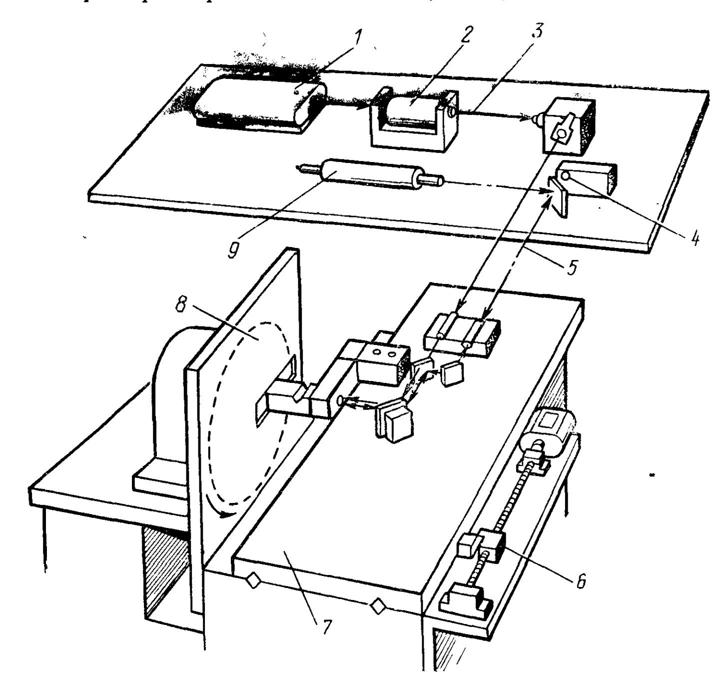


Рис. 17. Установка для записи видеопластинки с помощью лазерного луча.

1 — записывающий лазер; *2* — электронно-оптический модулятор; *3* — записывающий луч; *4* — фотодиод; *5* — воспроизводящий луч; *6* — червячный механизм перемещения; *7* — подвижная плата; *8* — дисковый носитель записи; *9* — воспроизводящий лазер.

Диапазон частот от 0 до 2,5 МГц используется для передачи цветовых и звуковых сигналов. Передача двух цветоразностных сигналов, как и в системе ПАЛ, основана на способе квадратурной модуляции (две составляющие одной поднесущей сдвигаются на 90°). Поднесущая переносится в нижнюю часть спектра (частота 4,43 МГц заменяется на 2,46 МГц). Кроме того, вместо амплитудной модуляции применена ЧМ с девиацией ±500 кГц. Для звука предусмотрены две несущие частоты: 350 и 650 кГц. Максимальная девиация в обоих случаях составляет ±50 кГц и гарантирует высококачественную передачу сигналов звуковых частот шириной до 16 кГц.

Сигналы яркости (рис. 18,*б*), цвета (рис. 18,*в*) и звука (рис. 18,*г*) складываются с соотношением амплитуд 20 : 4 : 1. Суммарный сигнал симметрично ограничивается, в результате чего получается сигнал прямоугольной формы с двумя постоянными уровнями, длитель-

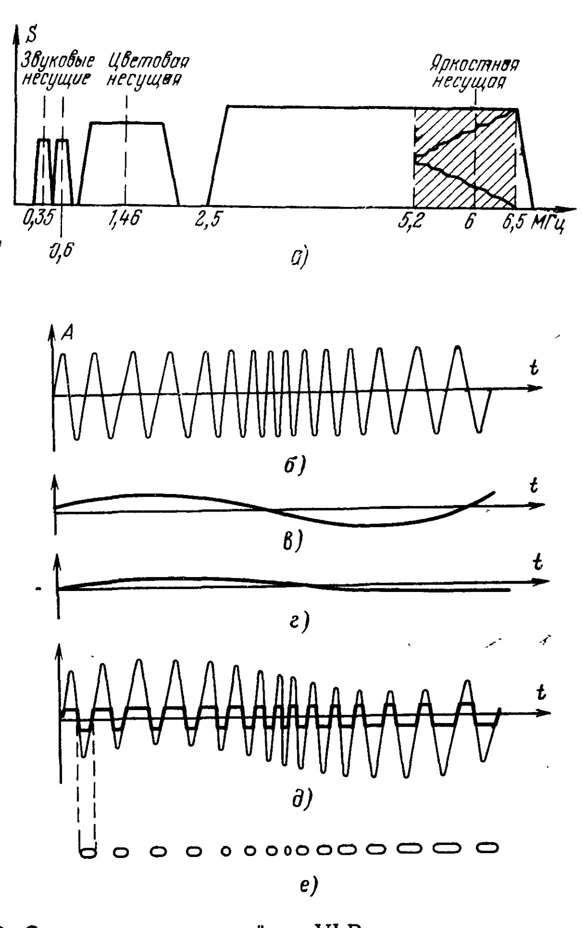


Рис. 18. Сигнал, записываемый на VLP пластинке.

а — частотный спектр; *б* — сигнал яркости; *в* — цветовой сигнал; *г* — звуковой сигнал; *д* — суммарный сигнал; *е* — последовательность отверстий на диске.

ность которых изменяется (рис. 18,*д*). Сформированный таким способом сигнал управляет модулятором света. Модулированный луч лазера выжигает на металлизированной поверхности диска последовательность отверстий, изображенную на рис. 18,*е*.

При записи видеопластинок «Дисковижн» ЧМ подвергается цветной телевизионный сигнал непосредственно по системе НТСИ

без транспонирования цветовой поднесущей. В результате на электронно-оптический модулятор приходится подавать ЧМ сигнал с полосой частот от 2,5 до 11,5 МГц.

После окончания записи металлизированная поверхность диска с дорожками микроскопических отверстий покрывается тонким слоем фоторезистивного материала. Этот слой экспонируется через тыльную прозрачную часть диска ультрафиолетовым светом. Засвечиваются только те участки слоя, которые находятся против информационных отверстий. Фоторезистивный материал в этих местах полимеризуется и затвердевает. Оставшийся неполимеризованный материал затем смывается соответствующим растворителем и на поверхности диска вместо отверстий возникают возвышения.

Далее со стеклянного диска электролитическим путем изготовляют никелевую матрицу и по технологии, принятой в производстве грампластинок, термическим способом ведут формование копий из поливинилхлорида. Чтобы обеспечить возможность воспроизведения информации, на рабочую поверхность видеопластинок методом испарения в вакууме наносится тонкий слой хорошо отражающего свет металла, например алюминия. Толщина слоя составляет всего 0,04 мкм. Затем видеопластинку покрывают слоем защитного материала, который предохраняет зону записи от пыли и механических повреждений в процессе эксплуатации. Благодаря этому видеопластинка не требует такого бережного обращения, как современная звуковая пластинка.

Затраты на изготовление видеопластинок для оптического воспроизведения невелики. Из-за дополнительного процесса металлизации они лишь вдвое выше, чем при изготовлении гибких грампластинок.

Оптическое воспроизведение отраженным лучом

Основное достоинство оптического способа воспроизведения информации состот в том, что в противоположность способу механического воспроизведения дорожка записи не подвергается деформации, поэтому записанную информацию можно воспроизводить сколь угодно долго без ухудшения качества изображения (бесконтактное воспроизведение).

В оптическом видеопроигрывателе используется небольшой гелий-неоновый лазер, который излучает красный свет, с длиной волны около 0,6 мкм. Выходная мощность лазера настолько мала, что не создает опасности для окружающих даже в том случае, если во время наладки или ремонта аппаратуры луч лазера попадает прямо в глаз человека. Разумеется, что в условиях эксплуатации такая возможность полностью исключена, так как лазер помещен в закрытый корпус видеопроигрывателя.

Принцип работы оптического видеопроигрывателя изображен на рис. 19. Световой луч, выйдя из трубки лазера *1*, проходит через пластинку фазового растра *2* и промежуточную линзу *3*, отражается сначала от полупрозрачного зеркала *5*, затем от неподвижного зеркала *6* и качающегося зеркальца *7*, проходит так называемую четвертьволновую пластинку *8* и фокусируется микрообъективом *9* на рабочем слое видеопластинки *10*. Диаметр сфокусированного светового пятна составляет 0,8 мкм, т. е. равен ширине углублений на дорожке записи. Если световое пятно попадает на металлизированную поверхность видеопластинки между углублениями, то

практически весь световой поток отражается в объектив. Если же световое пятно попадает в углубление, то под влиянием эффекта огибания (дифракции) часть светового потока, попадающая на края углубления, отражается в другом направлении и проходит мимо линзы микрообъектива. Таким образом, отраженный световой поток, принимаемый микрообъективом *9*, оказывается промодулированным сигналом дорожки записи. Этот поток возвращается тем же путем до полупрозрачного зеркала *5*, проходит через него и попадает на кремниевый фотодиод *4*, который преобразует его в электрический сигнал.

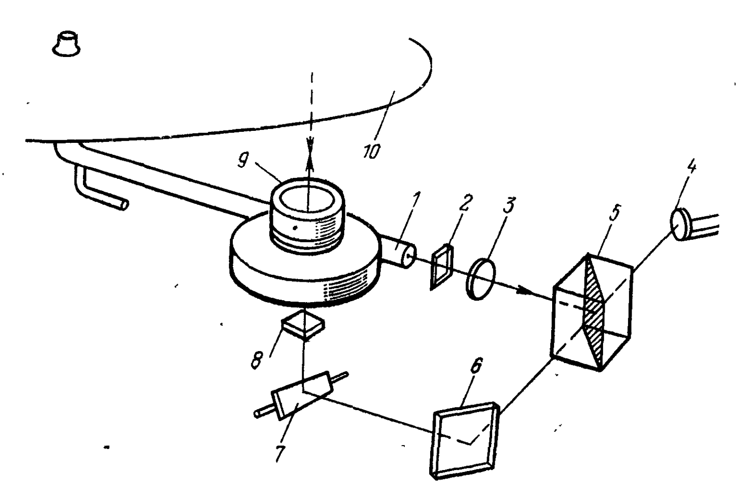


Рис 19. Система оптического воспроизведения видеопластинки отраженным лучом.

1 — лазер; *2* — пластинка фазового растра; *3* — промежуточная линза; *4* — фотоднод; *5* — полупрозрачное зеркало; *6* — неподвижное зеркало; *7* — качающееся зеркальце; *8* — четвертьволновая пластинка; *9* — микрообъектив; *10* — виндеопластннка.

Отраженный поток полностью проходит к фотодиоду, не отражаясь к лазеру. Это происходит благодаря наличию четвертьволновой пластинки *8*. Дело в том, что световой поток лазера имеет линейную поляризацию. Проходя в прямом направлении через четвертьволновую пластинку, он меняет поляризацию на круговую. Отразившись от видеопластинки, луч второй раз проходит четвертьволновую пластинку и снова приобретает линейную поляризацию. Только плоскость поляризации отраженного луча оказывается расположенной под прямым углом к плоскости поляризации прямого луча. Специальное покрытие полупрозрачного зеркала *5* практически исключает прохождение отраженного луча в лазер. Тем самым избегают возникновения эффекта обратной связи.

Ход лучей в оптической системе более подробно пояснен на рис. 20. Промежуточная линза *3* изображает луч лазера *1* во входном отверстии микрообъектива *9*, который фокусирует его на рабочем слое видеопластинки *10*. Перед промежуточной линзой *3* уста-

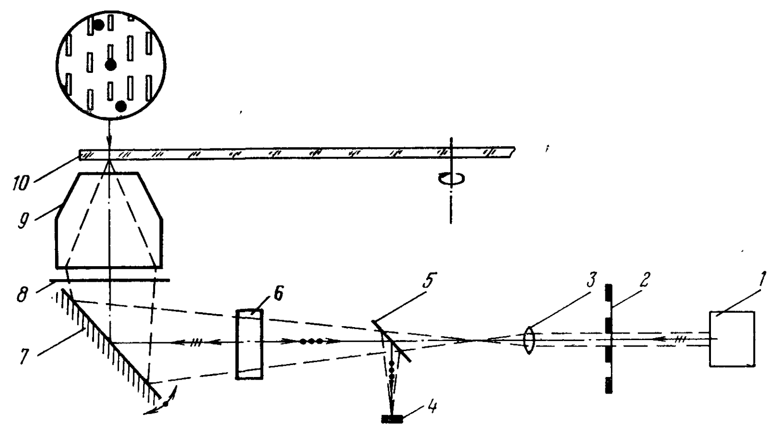


Рис. 20. Ход лучей в оптической системе воспроизведения (обозначения те же, что на рис. 19).

новлена пластинка фазового растра *2*, которая расщепляет лазерный луч на три части, в результате чего на поверхности видеопластинки образуются три светящихся пятна (изображены увеличенно в круге). Среднее пятно служит для воспроизведения записи, а крайние предназначены для ведения луча по дорожке.

Система ведения луча по дорожке записи

Автоматическое слежение и ведение луча по дорожке записи необходимо ввиду наличия на установленной видеопластинке эксцентриситета, значение которого может быть до 100 мкм. В то же время отклонение воспроизводящего светового пятна от середины дорожки не должно превышать ±0,2 мкм. Образованные пластинкой фазового растра два вспомогательных луча фокусируются на поверхности видеопластинки в два световых пятна, расположенных на расстоянии 15 мкм сзади и спереди относительно среднего пятна. Линия, соединяющая их центры, наклонена к осевой линии дорожки под углом 5°. После отражения вспомогательные пучки света попадают на соответствующие фотодетекторы. Если усредненные токи в детекторах равны, то воспроизводящее пятно находится точно посередине дорожки. Как только основной луч начинает отклоняться от ее осевой линии, то возникает разбаланс токов в детекторах. Разностный сигнал используется для коррекции положения луча, которая осуществляется качающимся зеркальцем *7*.

Управление зеркальцем основано на электродинамическом принципе с помощью вращающейся катушки. В зависимости от величины и направления тока в катушке зеркальце отклоняется на необходимый угол в соответствующую сторону.

Получение специальных эффектов при воспроизведении

Баллистические свойства качающегося зеркальца позволяют осуществить быстрый переброс читающего луча с одной дорожки на другую. Благодаря этому можно осуществлять различные эффекты

при воспроизведении. Кроме работы в стандартном режиме оптический видеопроигрыватель позволяет осуществить ускоренное воспроизведение с двойной скоростью, воспроизведение в обратном направлении, неограниченное во времени воспроизведение неподвижного изображения (стоп-кадр) и его смену, а также замедленное воспроизведение в прямом и обратном направлениях (время воспроизведения одного кадра изменяется от 0,04 до 4 с).

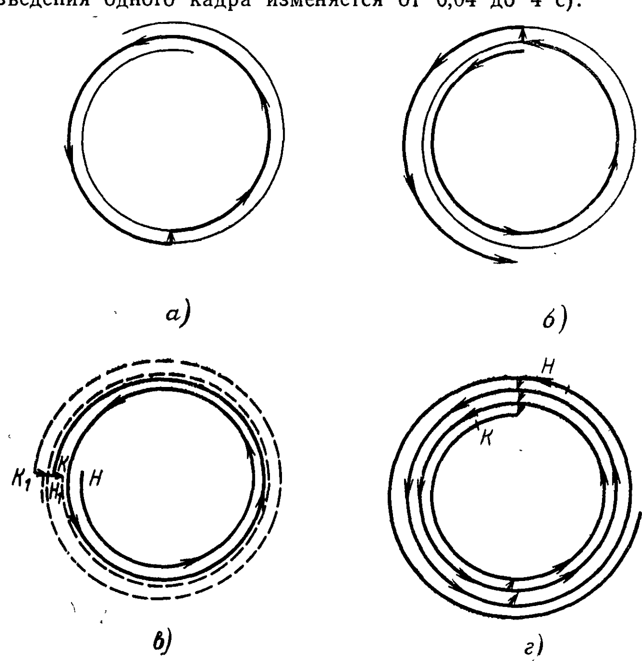


Рис. 21. Движение светового пятна для получения различных эффектов.

Н — начало движения; *К* — конец движения.

Эти эксплуатационные возможности реализуются благодаря синхронизации частоты вращения видеопластинки (25 об/с) с частотой передачи кадров в телевидении (25 кадров/с). Так как телевизионный кадр состоит из двух следующих один за другим полукадров (с четными и нечетными строками), на каждый виток спиральной дорожки приходится два полукадра и два синхронизирующих импульса вертикальной развертки, располагающихся диаметрально противоположно. Во время прохождения этих синхронизирующих импульсов, когда экран телевизора не светится (электронный луч погашен), луч лазера с помощью качающегося зеркальца скачкообразно переводится на соседнюю спиральную дорожку записи незаметно для зрителя.

Возможности осуществления различных эффектов поясняются на рис. 21. Неподвижное изображение получается при многократном воспроизведении сигналов, записанных на одном витке дорожки

(рис. 21,*а*). В этом случае точечное пятно после каждого оборота видеопластинки возвращается на одну и ту же дорожку записи. Удвоенная скорость воспроизведения вперед получается в результате перемещения точечного пятна на внешнюю соседнюю дорожку после каждого полного оборота видеопластинки (рис. 21,*б*). Замедленная в 2 раза скорость воспроизведения вперед получается благодаря перемещению светового пятна на внутреннюю (соседнюю) дорожку после двух полных оборотов видеопластинки (рис. 21,*в*). Наконец, воспроизведение с номинальной скоростью назад получается при передвижении пятна на соседнюю внутреннюю дорожку через каждый полуоборот видеопластинки (рис. 21,*г*).

Вследствие большого переходного затухания между сигналами двух соседних дорожек (не менее 45 дБ) на каждом витке спирали можно записывать разные по содержанию изображения, например кадры диафильма. На видеопластинке с длительностью воспроизведения 30 мин можно поместить 45 000 таких кадров, а при длительности воспроизведения 40 мин — 60 000 кадров. Эти кадры можно выборочно воспроизводить по заданной программе или осуществлять смену кадров вручную с пульта дистанционного управления. Для быстрого нахождения нужного кадра в видеопроигрывателе устанавливается цифровой указатель (счетчик кадров).

Система фокусирования светового пятна

Для фокусирования лазерного луча на рабочем слое видеопластинки применяется система регулирования, подобная системе ведения луча по дорожке записи. Система фокусирования реагирует на колебания поверхности видеопластинки в вертикальном направ-

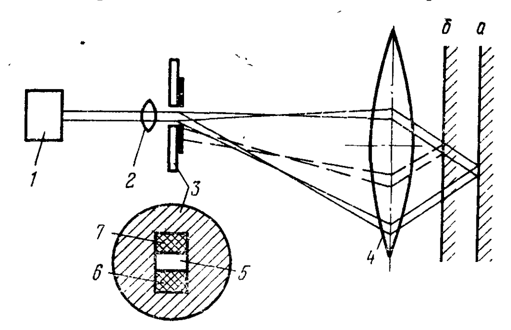


Рис. 22. Система фокусирования воспроизводящего светового пятна.
а — система сфокусирована; *б* — система расфокусирована; *1* — лазер; *2* — вспомогательная линза; *3* — светонепроницаемая пластинка; *4* — линза микрообъектива; *5* — щель; *6*, *7* — фотодетекторы.

лении, которые могут доходить до 500 мкм. Частота следования этих колебаний равна 25 Гц, т. е. соответствует частоте вращения видеопластинки.

Работу системы фокусирования иллюстрирует рис. 22. Основу системы составляет микрообъектив, который работает по принципу электродинамического громкоговорителя, совершая колебания в такт колебаниям поверхности видеопластинки.

От основного лазерного луча с помощью расщепительной пластины (на схеме не показана) отделяется вспомогательный луч, который направляется параллельно оптической оси микрообъектива на небольшом расстоянии от нее. Этот отделившийся пучок света собирается вспомогательной линзой *2*, проходит через щель в светонепроницаемой пластинке *3* и фокусируется таким образом, чтобы, пройдя через линзу *4* микрообъектива, он достигал поверхности видеопластинки в виде пучка параллельно падающих лучей.

Светонепроницаемая пластинка *3* имеет два фотодетектора *6* и *7*, расположенных по краям щели (изображены в круге). Если видеопластинка находится в рабочем положении, то отраженный от ее поверхности свет попадает точно в щель светонепроницаемой пластинки и оба фотодетектора воспринимают равный по величине остаточный световой поток. Фототоки в обоих детекторах оказываются одинаковыми, и разностный управляющий сигнал равен нулю.

При приближении или удалении видеопластинки от линзы микрообъектива появляется разностный сигнал, поскольку отраженный луч будет попадать в основном на один из детекторов. Объектив начнет смещаться до тех пор, пока отраженный вспомогательный луч вновь не попадет в промежуток между детекторами. Таким образом устанавливается необходимое расстояние от линзы микрообъектива до видеопластинки и воспроизводящий луч оказывается сфокусированным точно на поверхности дорожки записи.

Движущий механизм видеопроигрывателя

Как и в любом аппарате для воспроизведения грамзаписи, в оптическом видеопроигрывателе видеопластинка приводится во вращение с помощью электродвигателя. Чтобы избежать колебаний строчной частоты воспроизводимого сигнала и обеспечить устойчивое изображение на экране телевизора, частота вращения видеопластинки должна иметь постоянную величину, равную 1500 об/мин. В видеопроигрывателе удается поддерживать постоянство оборотов видеопластинки с точностью до 0,1%. Для этого используют электродвигатель постоянного тока с установленным на его валу тахогенератором. Последний вырабатывает переменный сигнал, частота которого пропорциональна частоте вращения ведущего вала видеопроигрывателя. Этот сигнал поступает в устройство регулирования частоты вращения электродвигателя и поддерживает постоянство частоты вращения видеопластинки.

В обычном режиме воспроизведения оптическая система вместе с лазером смещается в радиальном направлении к краю видеопластинки на 2 мкм за один ее оборот, что соответствует линейной скорости 0,05 мм/с. В режиме воспроизведения неподвижного изображения (при стоп-кадре) требуется в соответствующих местах останавливать оптическую систему, а в режиме воспроизведения изображения в обратном направлении—изменять направление перемещения сканирующей системы. Эти функции выполняются при помощи отдельного электродвигателя, который через зубчатую передачу приводит в движение качающееся зеркальце.

Электронная система радиального перемещения лазерного луча получает управляющий сигнал в виде усредненного тока от двух фотодетекторов системы слежения за дорожками, который протека-

ет через обмотку вращающейся катушки качающегося зеркальца. При ручном перемещении оптической системы автоматическое устройство регулирования отключается нажатием кнопки.

Обработка воспроизведенного сигнала

Электрический сигнал, возникающий на выходе фотодиода, проходит обработку в электронных каскадах видеопроигрывателя. Наряду с демодуляцией ЧМ сигнала яркости и ЧМ звукового сигнала происходит транспонирование и коррекция цветовой несущей, а также компенсация возможных выпадений сигнала вследствие дефек-

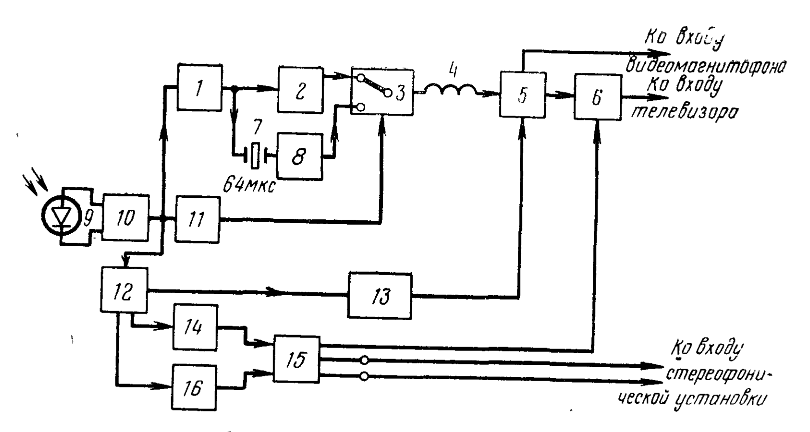


Рис. 23. Структурная схема канала воспроизведения сигналов оптическим видеопроигрывателем.

1 — частотный корректор; *2* — ЧМ детектор; *3* — корректор; *4* — управляемая линия задержки; *5* — сумматор; *6* — УКВ модулятор; *7* — линия задержки; *8* — ЧМ детектор; *9* — фотодиод; *10* — предварительный усилитель; *11* — детектор выпадений; *12* — блок разделнтельных фильтров; *13* — блок обработки цветового сигнала; *14* — ограничитель звукового сигнала; *15* — коммутатор; *16* — демодулятор.

тов записи. Подготовленные таким образом сигналы изображения и звука модулируют несущую частоту и полученный сигнал подводится к антенному входу телевизора через кабель.

Преобразования сигнала при воспроизведении VLP пластинки можно объяснить с помощью схемы, изображенной на рис. 23. Сигнал фотодиода *9* поступает на предварительный усилитель *10* и разделяется там на частотные полосы. Частотно-модулированный сигнал яркости (2,5—6,5 МГц) подвергается в каскаде *1* временной и частотной коррекции и приобретает равномерный частотный спектр. За корректором *1* следует детектор ЧМ колебаний *2*, после которого сигнал яркости поступает сначала на корректирующий каскад *3* с электронным переключателем, а затем через линию задержки *4* на сумматор *5*, где смешивается с цветовым сигналом, приходящим от блока *13*. В сумматоре образуется сложный сигнал, который можно перезаписывать на магнитную ленту в видеомагнитофоне. Этот же сигнал подается на УКВ модулятор *6*, который одновременно получает приходящий с каскада *15* звуковой сигнал.

От каскада *1* сигнал яркости может также приходить к каскаду *3* через линию задержки *7* со временем задержки 64 мкс и ЧМ детектор *8*. Это происходит в том случае, если детектор выпадений *11* обнаруживает резкое падение уровня воспроизведенного сигнала. Детектор *11* вырабатывает управляющий сигнал, который подключает каскад *3* к выходу детектора *8*, при этом в течение 64 мкс (длительность передачи одной строки изображения) передается предыдущая (задержанная) строка изображения, а строка с дефектом из передачи исключается. Однократные повторения строк остаются практически незаметными на экране телевизора, в то время как выпадение сигналов проявляется в виде темных штрихов на изображении.

Цветовой сигнал видеопластинки с несущей частотой 1,46 МГц и звуковые сигналы с несущими 350 и 650 кГц выделяются разделительными фильтрами в каскаде *12*. Цветовой сигнал поступает в блок обработки *13*, который после выполнения соответствующих преобразований выдает цветовой сигнал, закодированный по выбранной системе цветного телевидения (ПАЛ или СЕКАМ) на суммирующий каскад *5*.

Блок обработки цветовых сигналов представляет собой довольно сложное электронное устройство, состоящее из двух десятков усилительных и смесительных каскадов, генераторов различных частот, линии задержки, фазовращателей и других устройств. Помимо увеличения несущей частоты цветового сигнала (в записи на видеопластинке она равна 1,46 МГц, а, например, в системе ПАЛ— 4,43 МГц) в блоке *13* имеется система компенсации выпадения сигнала предыдущей строкой, подобная той, что используется в канале яркостного сигнала. Обработка цветовых сигналов проводится способом, который полностью исключает временные ошибки, вызванные неравномерностью частоты вращения видеопластинки. В яркостном канале временные искажения устраняются благодаря использованию управляемой линии задержки *4*. Если бы эти меры не были приняты, то вследствие непостоянной длительности строк изображения вертикальные линии на экране были бы представлены в искривленном виде.

Оба звуковых сигнала после ограничения и демодуляции в каскадах *14* и *16* подаются на коммутатор *15* и затем на соответствующие звуковые выходы или на УКВ модулятор *6*.

Особенности воспроизведения просвечивающим лучом

Оптическое воспроизведение сигналов с видеопластинки, на которой записанная информация представлена изменениями формы рабочего слоя, основано на явлении дифракции света. При оптическом воспроизведении нет принципиальной разницы в том, происходит ли изменение светового потока вследствие его отражения от рабочего слоя или прохождения через него. Поэтому металлизация поверхностного слоя видеопластинок для оптического воспроизведения не является обязательной операцией. Французская фирма «Томсон» разработала видеопластинку, воспроизведение которой осуществляется с помощью просвечивающего луча лазера.

Из прозрачной пластмассовой пленки прессуются гибкие видеопластинки, каждая из которых имеет спиральную дорожку углублений шириной 1,7 мкм и глубиной 0,3 мкм. Шаг дорожки записи в экспериментальных образцах видеопластинок был выбран равным

2,5 мкм, что обеспечило продолжительность воспроизведения 20 мин при диаметре 30 см. Имеются возможности уменьшения шага записи и получения такого же времени воспроизведения, как и у видеопластинок с отражающим рабочим слоем.

Сигналы на оптических видеопластинках представлены в виде изменений длины углублений и расстояний между ними. При воспроизведении просвечивающим лучом эти углубления вследствие дифракции отклоняют сфокусированный на них луч лазера, что приводит к изменению интенсивности освещенности на решетке фотоприемника, который расположен с противоположной стороны.

Диаметр светового пятна на видеопластинке составляет 0,7 мкм. Для ведения этого пятна по спиральной дорожке световой луч не разделяется на два вспомогательных, как при воспроизведении видеопластинки VLP. Сигнал коррекции вырабатывается в блоке, использующем сигналы от решетки фотоприемника. Решетка последнего состоит из четырех светочувствительных элементов, расположенных попарно на двух взаимно перпендикулярных линиях. Два основных фотоэлемента, которые включены на вход канала воспроизведения, расположены вдоль линий, параллельных направлению дорожки видеопластинки. Два других (вспомогательных) фотоэлемента включаются на вход балансной схемы. Как только световое пятно на видеопластинке начинает смещаться в сторону от оси дорожки, ток в одном из вспомогательных фотоэлементов возрастает, а в другом — уменьшается. Выделяемый разностный сигнал управляет положением качающегося зеркальца; при этом обеспечивается попадание луча на фотоприемник.

В видеопроигрывателе фирмы «Томсон» с целью его упрощения и удешевления отказались от системы автоматической фокусировки светового пятна на поверхности видеопластинки. Для сохранения постоянного расстояния между микрообъективом и поверхностью видеопластинки применяется воздушная стабилизация. Специальная скоба изгибает вращающуюся видеопластинку под углом около 20°. Аэродинамическая стабилизация ослабляет вертикальные колебания видеопластинки до 50 мкм, поэтому они не сказываются на качестве воспроизведения.

Видеопластинка фирмы «Томсон» демонстрировалась в Москве на выставке «Телекинотехника-75» в феврале 1975 г. Качество воспроизводимого изображения было хорошим.

ДРУГИЕ ВИДЫ ВИДЕОПЛАСТИНОК

Фотографическая видеопластинка

На видеопластинках, описанных в двух предыдущих параграфах, запись осуществляется изменением формы рабочего слоя носителя в соответствии с сигналами записываемой информации. Вместе с тем, возможны и другие системы записи информации: фотографическая, магнитная и т. д.

Рассмотрим систему записи фотографической видеопластинки.

Принцип фиксации изображения на фотопластинке известен очень давно, с тех пор как появилась фотография. Отличительная особенность видеозаписи на светочувствительном диске состоит в том, что изображение после построчного разложения преобразуется в сигнал, который записывается на спиральной дорожке, изме-

нением оптической плотности носителя. Поэтому при просматривании фотографической видеопластинки, освещенной источником света, нельзя увидеть зафиксированное изображение. По внешнему виду фотографическая видеопластинка похожа на видеопластинку для механического воспроизведения. Она также имеет прозрачную основу и кольцевое поле записи, на котором хорошо просматриваются тонкие радиальные линии импульсов строчной синхронизации и широкие полосы импульсов полукадровой синхронизации. Сама же дорожка записи представлена в виде спирального следа, оптическая плотность которого меняется в соответствии с уровнем записанного сигнала.

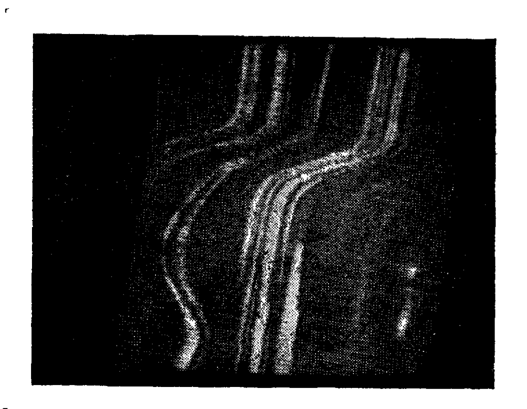


Рис. 24. Участок поверхности фотографической видеопластинки (увеличение в 75 раз).

Участок фотографической видеопластинки длиной в одну строку, сфотографированный под микроскопом, показан на рис. 24. Темные полосы слева и справа — строчные синхронизирующие импульсы.

Следует отметить, что фотографические видеопластинки были разработаны раньше видеопластинок с механическим изменением формы носителя. Еще в 1957 г. появилось сообщение, что итальянец Руббиано сконструировал видеопроигрыватель бытового назначения, в котором использовалась видеопластинка из плексигласа с тонким слоем светочувствительного материала на ее поверхности. Частота вращения видеопластинки составляла 3000 об/мин и на ней записывалась телевизионная программа продолжительностью до 3 мин.

В 1961—1963 гг. в Стэнфордском исследовательском институте (США) было разработано экспериментальное оборудование для записи и воспроизведения телевизионного сигнала на стеклянном фотографическом диске. Параметры предложенной видеопластинки во многом предопределяли размеры будущих видеопластинок для оптического воспроизведения.

Диаметр видеопластинки был выбран равным 30 см, т. е. равным диаметру стандартной грампластинки. Каждый телевизионный кадр записывался на дорожке длиной в один оборот. Шаг записи

был принят равным 2 мкм, что позволило записать на фотографической видеопластинке получасовую программу.

Поскольку фотоэмульсия обеспечивает передачу широких градаций яркости сигнала, решено было применить прямую запись видеосигналов и синхронизирующих импульсов, не прибегая к частотной модуляциии. Звуковое сопровождение передавалось квантованным способом в моменты прохождения строчных гасящих импульсов. Вспомним, что таким же способом было записано звуковое сопровождение в первых образцах видеопластинок, предназначенных для механического воспроизведения.

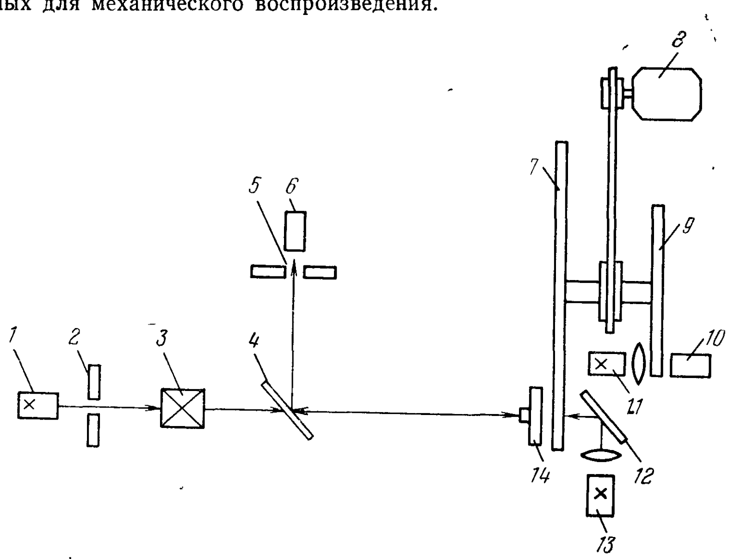


Рис. 25. Оптическое устройство для записи и воспроизведения фотографических видеопластинок.

1 — записывающий источник света; *2* — отверстие; *3* — модулятор света; *4* — полупрозрачное зеркало; *5* — отверстие; *6* — фотодиод; *7* — фотографический диск; *8* — электродвигатель; *9* — тахометрический диск; *10* — фотоднод; *11* — нсточннк света; *12* — зеркало; *13* — воспронзводящий источник света; *14* — мнкрообъектив.

На рис. 25 изображена оптическая установка для записи и воспроизведения фотографических видеопластинок. При записи луч света от источника *1* проходит через отверстие *2*, модулятор света *3* с ячейкой Керра, полупрозрачное зеркало *4* и фокусируется микрообъективом *14* на неэкспонированном светочувствительном слое стеклянного диска *7*, который вращается синхронным электродвигателем *8*. На одном валу с фотографическим диском находится также тахометрический диск *9* с нанесенными радиальными синхронизирующими полосами, число которых равно числу строк разложения изображения. При освещении фотодиода *10* источником света *11* образуются синхронизирующие импульсы, которые используются в телекинопроекторе при преобразовании исходного киноизображения в телевизионный сигнал. Этот сигнал подается на модулятор

света *3* и модулирует по интенсивности луч, падающий на поверхность диска *7*. Микрообъектив *14* обеспечивает получение на фотослое светового пятна диаметром 1 мкм. Электродвигатель *8*, диски *7* и *9*, а также тахометрическое воспроизводящее устройство укреплены на подвижной плате, которая во время записи медленно перемещается со скоростью 0,05 мм/с под прямым углом к оси оптической системы, обеспечивая спиральную развертку записывающего светового луча на фотографическом диске.

Для обеспечения хорошего качества телевизионного изображения при изготовлении фотографического диска применяют высокоразрешающую мелкозернистую фотоэмульсию. Такая эмульсия обладает низкой светочувствительностью и требует применения мощных источников света в записывающей установке. Лазерный источник света обеспечивает возможность записи видеопластинки в реальном масштабе времени. Тем не менее можно использовать и другие источники света (ксеноновые лампы, лампы накаливания), ведя запись на пониженной скорости с транспонированием спектра записываемых частот.

После облучения фотографического диска следует процесс фотохимической обработки, в результате которого получается негативная видеопластинка.

Тиражируются фотографические видеопластинки способом контактной фотопечати. Чтобы избежать потерь информации при печати, применяются меры для обеспечения хорошего контакта эмульсионных поверхностей оригинала и копии (негатива и позитива). Используется способ так называемой иммерсионной печати, по которому поверхности контактируют через тонкий слой жидкости.

Полученная видеопластинка может воспроизводиться на той же установке, где она записывалась. Воспроизведение ведется оптическим способом проходящим лучом. Для этого используется источник света *13*, световой поток которого отражается от зеркала *12*, проходит через видеопластинку *7*, микрообъектив *14*, отражается от зеркала *4* и, пройдя через отверстие *5*, попадает на фотодиод *6*. Возникающий на фотодиоде электрический сигнал далее усиливается и подается на антенный вход телевизора.

Дальнейшее развитие идея фотографической видеопластинки получила в системе, разработанной в 1973 г. американской фирмой «Метрикс». Геометрические параметры записи этой видеопластинки оставлены прежними: диаметр 30 см, ширина дорожки записи 1 мкм, шаг записи 2 мкм, но стеклянную основу заменили лавсаном. Благодаря этому толщину видеопластинки удалось уменьшить до 115 мкм, а главное она стала гибкой, небьющейся. Рабочий слой фотографической видеопластинки после фотохимической обработки покрывается прозрачной защитной пленкой, вследствие чего царапины и грязь на поверхности видеопластинки не сказываются на качестве воспроизводимого оптическим способом изображения.

Способ записи сигналов также не претерпел существенных изменений. Используется высокоразрешающая фотографическая эмульсия, предназначенная для записи голограмм. Облучение ведется гелий-неоновым лазером. Осуществляется прямая запись видеосигнала в реальном масштабе времени. Один кадр записывается за один оборот видеопластинки. Звуковое сопровождение передается в строчных интервалах. Использование мощного источника света позволило применить микрообъектив с большой глубиной резкости и отказаться от системы автоматической фокусировки при записи.

С целью снижения стоимости видеопроигрывателя в нем применен не лазер, а кварцево-галогенная лампа накаливания мощностью 25 Вт.

Имеются две системы автоматического управления. Одна поддерживает оптимальную фокусировку микрообъектива при колебаниях поверхности видеопластинки. Вторая следит за спиральной дорожкой, используя подобно системе фирмы «Томсон» датчик положения в виде линейной матрицы фотодиодов.

Фотографическая видеопластинка фирмы «Метрикс», как и другие системы видеопластинок, обеспечивает передачу частотного диапазона 3 МГц при отношении сигнал/шум более 40 дБ.

Видеопластинка для емкостного воспроизведения

На видеопластинке для емкостного воспроизведения запись представлена в виде микроскопических изменений рельефа. Рабочий слой этой видеопластинки, так же как у VLP пластинки, предназначенной для воспроизведения отраженным лучом, покрыт тонкой металлической пленкой, поверх которой нанесен слой пластмассы.

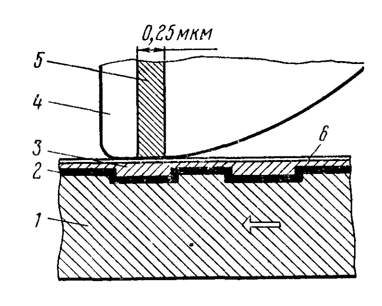


Рис. 26. Емкостная головка для воспроизведения записи видеопластинки.

1 — поливинилхлоридная основа; 2 — слой металла; 3 — слой полистирола; 4 — насадка из сапфира; 5 — металлический электрод; 6 — слой смазки.

Однако пластмасса служит здесь не только для защиты металлизированного рабочего слоя от механических воздействий. Она является частью электрического конденсатора (рис. 26), одна из обкладок которого образована металлизированным слоем видеопластинки, а вторая обкладка — тонким металлическим электродом, вставленным в головку видеоснимателя.

При перемещении видеопластинки относительно видеоснимателя меняется расстояние между обкладками конденсатора и, следовательно, меняется его емкость. Величина этой емкости очень мала. Достаточно сказать, что ширина электрода (размер вдоль направления движения дорожки записи) составляет всего 0,25 мкм, а длина — 4 мкм, т. е. площадь обкладки конденсатора составляет 1 мкм^2. Поэтому и изменения емкости конденсатора при воспроизведении малы. Они составляют всего одну пятитысячную пикофарады ($2 \cdot 10^{-16}$Ф). Но этих изменений все же достаточно для воспроизведения сигналов, записанных на видеопластинке.

Геометрические параметры записи для емкостного воспроизведения видеопластинки следующие: ширина дорожки записи 4 мкм, шаг записи 5 мкм, минимальная длина волны записи 0,5 мкм. При этом на одном витке спирали записываются четыре кадра изображения.

На одной стороне видеопластинки диаметром 30 см располагается 13 500 витков спирали и обеспечивается запись телевизионной программы продолжительностью 30 мин. Видеопластинка обеспечи-

вает передачу сигналов с полосой частот до 3,5 МГц при отношении сигнал/шум 36 дБ.

Фирма «Эр-Си-Эй» применяет следующий технологический процесс производства видеопластинок для емкостного воспроизведения.

1. Исходные сигналы изображения и звука получаются в телекинопроекторе при воспроизведении 35-миллиметрового цветного кинофильма. Сигналы проходят через частотные модуляторы и суммируются.

2. Суммарный ЧМ сигнал записывается на металлическом диске, покрытом слоем фоторезистивного материала, на котором предварительно вырезана немодулированная спиральная канавка трапециевидного сечения. Запись осуществляется модулированным электронным лучом в вакуумном устройстве.

3. После фотохимической обработки фоторезистивного слоя с диска изготавливаются металлические матрицы.

4. С помощью матриц прессуются из поливинилхлоридной пленки двусторонние видеопластинки.

5. На рабочий слой видеопластинки в вакууме наносится тонкий слой металла, повторяющий рельеф записи.

6. На металлизированную поверхность наносится тонкий слой изолирующего материала толщиной около 0,05 мкм, который заполняет углубления в металлизированном покрытии, образуя гладкую поверхность видеопластинки. В качестве изолирующего материала используется полистирол, который по сравнению с другими пластическими материалами имеет наиболее высокую диэлектрическую постоянную, поэтому позволяет увеличить емкость воспроизводящего конденсатора.

7. На изолирующий слой наносится смазывающее вещество для уменьшения его износа и снижения влияния загрязнений поверхности на качество изображения.

Конструкция емкостного видеопроигрывателя подобна конструкции других видеопроигрывателей. При воспроизведении движущий механизм перемещает видеопластинку относительно воспроизводящей головки видеоснимателя. Видеопластинка, рассчитанная на европейский стандарт телевидения, вращается с частотой 375 об/мин, что соответствует скорости передачи изображения 25 кадров/с. Видеопластинка, рассчитанная на американский телевизионный стандарт (скорость передачи изображения 30 кадров/с), вращается с частотой 450 об/мин. В то же время головка видеоснимателя медленно смещается вдоль радиуса видеопластинки к центру со скоростью 0,156 мм/с, т. е. на 25 мкм за каждый оборот.

Воспроизводящий элемент головки изготовляется из твердого материала — сапфира или алмаза. Чтобы головка не оказывала большого давления на видеопластинку и не разрушала изоляционный слой (при стирании слоя может произойти короткое замыкание обкладок конденсатора), площадь ее контакта с поверхностью видеопластинки берется значительно больше площади поперечного сечения металлического электрода.

Износ сапфировой головки в значительной степени уменьшен благодаря нанесению на поверхность видеопластинки слоя смазки. Небольшое стачивание головки в процессе эксплуатации не ухудшает качество воспроизводимого изображения, поскольку площадь поперечного сечения воспроизводящего электрода остается при этом неизменной.

Магнитная видеопластинка

Магнитная видеозапись начала интенсивно развиваться с конца 50-х годов. В настоящее время она находит широкое применение для сохранения программ в телевидении. В качестве носителя при записи изображения используется тонкая магнитная лента, подобная той, которая используется при магнитной записи звука в магнитофонах. Только в видеомагнитофонах она более широкая и движется с большей скоростью. Запись и воспроизведение видеосигналов осуществляются вращающимися магнитными головками. При этом скорость записи (скорость движения головки относительно ленты) оказывается довольно большой (40 м/с). Дорожки записи шириной 150—250 мкм располагаются на магнитной ленте в виде строчек, наклоненных под некоторым углом к направлению движения ленты.

Иногда в телевизионных студиях используется также носитель в виде магнитного диска. Такой носитель используется в тех случаях, когда нужно показать изображение в замедленном движении, например при повторениях острых ситуаций в футбольных или хоккейных матчах. Применяется диск из алюминиевого сплава диаметром 30 см. На обе поверхности диска наносится магнитный рабочий слой, который может представлять собой или ферромагнитный порошок, распределенный в застывшем лаке, или покрытие из никель-кобальтового сплава.

Запись на диске происходит по дорожкам в виде концентрических окружностей. На каждой круговой дорожке записывается один кадр изображения. В момент прохождения кадрового синхронизирующего импульса магнитная головка скачкообразно смещается на 0,2 мм в направлении к центру диска и начинается затем запись следующей дорожки. На одной стороне диска можно записать 450 дорожек. Диск вращается со скоростью 1500 об/мин, поэтому продолжительность записи составляет 18 с. Когда магнитная головка заканчивает запись последней дорожки, она скачком возвращается на первую дорожку, начиная новый цикл записи, причем предыдущая запись автоматически стирается.

Воспроизведение изображения осуществляется на том же дисковом аппарате универсальной магнитной головкой. Замедленное воспроизведение осуществляется многократным воспроизведением сигналов с каждой дорожки. Перемещение магнитной головки на соседнюю дорожку производится автоматически, в зависимости от установленной степени замедления.

Фирма «Боген» и изобретатель Рабе из Нюрнберга попытались на основе магнитной видеопластинки создать недорогую видеозвуковую систему для использования в домашних условиях. Для этого нужно было в первую очередь значительно увеличить длительность записи программы, т. е. увеличить плотность записи на магнитном покрытии диска.

Задачу решили следующим образом. Ширину дорожки записи уменьшили втрое, доведя ее до 50 мкм. Частоту вращения магнитной видеопластинки уменьшили почти в 10 раз, сделав ее равной 156 об/мин. Эта частота в 2 раза больше стандартной частоты вращения грампластинки с широкой канавкой. Последний шаг оказался весьма эффективным, так как открылась возможность использовать в дисковом видеомагнитофоне готовый движущий механизм от электропроигрывателя грампластинок.

Магнитная видеопластинка имеет две кольцевые зоны (рис. 27). Внешняя зона покрыта магнитным слоем и предназначена для записи информации. Внутренняя зона служит для ведения магнитной головки по дорожкам. На ней нанесена немодулированная спиральная канавка шириной 50 мкм. Такую же ширину имеет канавка долгоиграющей грампластинки. Ширина поля (промежуток между канавками) выбрана равной 5 мкм.

Миниатюрная магнитная головка монтируется на тонарме, который обеспечивает свободное перемещение ее над поверхностью видеопластинки. Ведение магнитной головки по дорожке записи осуществляется сапфировой иглой, движущейся по спиральной канавке в направлении к центру видеопластинки. Игла укреплена на кронштейне, соединенном с корпусом головки видеоснимателя, на расстоянии, равном ширине зоны записи.

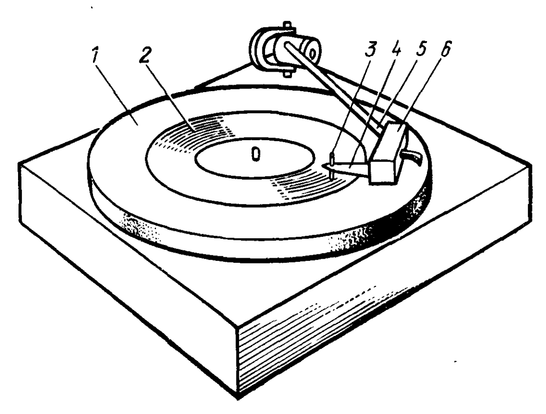


Рис. 27. Аппарат для записи магнитной видеопластинки и воспроизведения.

1 — зона записи с магнитным покрытием; *2* — зона направляющей канавки; *3* — игла; *4* — кронштейн; *5* — тонарм головки видеоснимателя; *6* — универсальная магнитная головка видеоснимателя.

Сердцем дискового видеомагнитофона является, конечно, магнитная головка. Ее размеры в 10 раз меньше размеров магнитных головок, применяемых для магнитной записи звука. Достаточно сказать, что ширина рабочего зазора равна 0,2 мкм, т. е. короче длины волны световых лучей. Головка используется как для записи, так и для воспроизведения видеосигналов.

Воспроизведенный с дорожки шириной 50 мкм электрический сигнал имеет очень малый уровень. Для ослабления шумов и паразитных наводок, создаваемых внешними электромагнитными полями, предварительный видеоусилитель располагается в головке видеоснимателя. Последующая обработка сигнала производится в основном канале воспроизведения видеомагнитофона. В первом образце видеомагнитофона было получено отношение сигнал/шум 26—28 дБ. В дальнейшем разработчики надеются его улучшить.

Магнитная видеопластинка — единственный вид дискового носителя, на котором видеозапись можно осуществлять в домашних

условиях. Можно записать, например, интересную программу непосредственно с телевизора. Для этой цели в телевизоре должны быть сделаны специальные выводы для видеосигнала и сигнала звуковой частоты. Источником видеосигнала может быть и передающая телевизионная камера.

В канале записи видеомагнитофона видеосигнал ограничивается фильтром нижних частот и затем поступает в частотный модулятор. Звуковой сигнал записывается в одной дорожке с сигналом изображения. Для этого он модулирует по частоте несущую 100 кГц, которая суммируется с ЧМ видеосигналом. Суммарный ЧМ сигнал записывается, как и в ленточных видеомагнитофонах, без высокочастотного подмагничивания.

Минимальная длина волны записи на магнитной видеопластинке составляет 0,5 мкм. Чтобы обеспечить эффективную передачу таких коротких длин волн, зона записи видеопластинки покрывается специальным магнитным лаком, который содержит очень мелкие магнитные частицы.

Для обеспечения хорошего контакта с магнитной головкой поверхность рабочего слоя выполняется зеркально гладкой. При этом в значительной мере уменьшается вероятность таких дефектов, как выпадение сигнала при воспроизведении записи.

Выпадения сигналов могут компенсироваться в электрической схеме канала воспроизведения дискового видеомагнитофона. Однако следует отметить, что дефекты воспроизводимого изображения, обусловленные выпадением сигналов, в дисковых видеомагнитофонах проявляются в значительно большей степени, чем в ленточных видеомагнитофонах или, например, в видеопроигрывателях, воспроизводящих сигналы отраженным лучом лазера. Это происходит, во-первых, потому, что рабочий слой магнитной видеопластинки загрязняется в процессе эксплуатации в большей степени, чем магнитный слой видеоленты. Во-вторых, плотность записи информации на видеопластинке значительно выше. Ведь средняя скорость воспроизведения с магнитной видеопластинки составляет 2 м/с, т. е. в 5 раз меньше, чем скорость воспроизведения в кассетных видеомагнитофонах. Поэтому одинаковые по размеру участки нарушения контакта головки с поверхностью рабочего слоя в магнитной видеопластинке приводят к более длительным прерываниям сигнала.

Серьезную проблему для дискового видеомагнитофона представляет также неравномерность частоты вращения видеопластинки. Ввиду меньшей частоты вращения коэффициент колебания скорости достигает 0,2%, т. е. в 2 раза больше, чем у видеопроигрывателей, рассчитанных на частоту вращения 1500 об/мин. Чтобы избежать влияния колебаний частоты вращения видеопластинки на качество изображения, проявляющихся в смещении строк относительно друг друга, в электрической схеме канала воспроизведения видеосигнала применяют корректор временных ошибок, построенный на базе управляемой линии задержки.

Внешний диаметр зоны записи магнитной видеопластинки выбран равным 28,7 см, а внутренний — 21,2 см. В пределах этой зоны записи располагается 680 дорожек записи. Магнитная видеопластинка рассчитана на запись с двух сторон. Продолжительность записи на одной стороне составляет 5 мин.

Окончательные параметры магнитной видеопластинки еще не установлены. Предполагается, что будет разработана видеопластин-

ка, рассчитанная на частоту вращения обычной грампластинки, т. е. на 78 об/мин. При сокращении шага дорожек до 25 мкм продолжительность записи на такой видеопластинке будет увеличена до 2 × 24 мин.

БУДУЩЕЕ ВИДЕОПЛАСТИНКИ

Сравнительная характеристика видеопластинок

Видеопластинки еще находятся в стадии исследования и разработки. Ожидается, что среди населения они начнут распространяться с конца 70-х годов и в будущем завоюют большую популярность. Какая же из рассмотренных видеопластинок имеет наибольшие шансы на успех?

Если обратиться к качественным показателям воспроизводимого на экране телевизора изображения, то можно отметить, что почти все видеопластинки обеспечивают приемлемое для бытового телевидения качество: 250 линий при отношении сигнал/шум не ниже 40 дБ. Магнитная видеопластинка имеет пока недостаточное отношение сигнал/шум, но трудности здесь не принципиального, а технологического характера и они вполне преодолимы.

Очевидно, сравнение следует проводить по другим параметрам. Рассмотрим с этой целью табл. 2. В ней приведены геометрические соотношения записи на различных видеопластинках. Эти соотношения определяют плотность записи информации и в конечном счете длительность воспроизведения записи.

Наибольшую длительность записи имеет видеопластинка для оптического воспроизведения. Она в 4 раза превосходит по этому показателю видеопластинку для механического воспроизведения. Но это не значит, что последняя значительно уступает VLP пластинке по плотности записи. Дело в том, что у ТЕД пластинки диаметр равен 21 см, а у VLP пластинки — 30 см. Что касается средней площади, отводимой на запись одного кадра, то здесь разница небольшая, всего 25%.

Нужно отметить, что на всех видеопластинках можно получить примерно одинаковую плотность записи информации. На видеопластинке для емкостного воспроизведения первоначально каждый кадр занимал площадь 5 мм^2, однако через некоторое время разработчикам удалось увеличить плотность записи и приблизиться по этому показателю к остальным видеопластинкам.

Возникает вопрос, какую длительность воспроизведения следует считать оптимальной?

Разработчики системы ТЕД умышленно не идут на увеличение времени воспроизведения, полагая, что 10-минутная программа является наиболее приемлемой для домашних условий. Следует отметить, что сложившаяся на киностудиях технология фильмопроизводства предусматривает разделение каждого выпускаемого фильма на части продолжительностью до 10 мин. Большинство короткометражных фильмов, особенно мультипликационных, составляют одну часть. Если считать, что основной репертуар видеопластинок будет представлен кинофильмами, то 10-минутная продолжительность записи видеопластинки вполне оправдана.

Для просмотра полнометражных фильмов разрабатываются видеопроигрыватели с автоматической сменой видеопластинок. Пол-

Таблица 2

Система записи	Система воспроизведения	Диаметр, см	Ширина дорожки записи, мкм	Поперечная плотность записи, дорожек/мм	Минимальная длина волны записи, мкм	Количество кадров на одном витке, шт.	Средняя площадь, занимаемая кадром, мм²	Частота вращения, об/мин	Длительность воспроизведения, мин
Механическая	Механическая	21	3,5	280	1,5	1	1,6	1500	10
	Оптическая	30	0,8	500	1,2	1	1,2	1500	40
	Емкостная	30	4	218	0,5	4	0,9	375	2×30
Фотографическая	Оптическая	30	1	500	1,5	1	1,2	1500	30
Магнитная	Магнитная	30	50	18	0,5	$9\frac{2}{3}$	4,8	156	2×5

нометражный художественный фильм состоит из 8—10 частей, т. е. длится в среднем 1,5 ч. Непрерывный показ такого фильма не может обеспечить и VLP проигрыватель. Но длительность проигрывания VLP пластинок хорошо согласуется с длиной одной серии телевизионного художественного фильма (30—40 мин). По-видимому, в будущем получат распространение и 10 и 30-минутные видеопластинки подобно грампластинкам с диаметрами 17,5 и 30 см.

Можно ли существенным образом увеличить плотность записи на видеопластинках?

Что касается видеопластинок для оптического воспроизведения, то дальнейшее уплотнение записи ограничено способом воспроизведения информации. Диаметр светового пятна на поверхности видеопластинки должен быть больше длины волны светового излучения. Сейчас он уже равен 0,8 мкм, поэтому дальнейшее уменьшение невозможно.

Уплотнение записи фотографической и магнитной видеопластинки ограничено структурой чувствительного слоя. Технология производства фотографического и магнитного слоя в настоящее время достигла высокой степени совершенства и дальнейшее повышение качества достигается с большим трудом.

Увеличение плотности записи на видеопластинках для механического воспроизведения также ограничивается технологическими трудностями. Если бы при прессовании удавалось получить видеопластинки с идеально гладкой поверхностью, то ширину канавки можно было бы довести до 0,5 мкм и проблема непрерывного показа полнометражных художественных фильмов была бы решена. Пока же достаточно ровную поверхность имеют только металлические оригиналы. В процессе массового производства поливинилхлоридных видеопластинок на поверхности рабочего слоя образуются микрошероховатости, приводящие к необходимости иметь канавку шириной 3,5 мкм.

С точки зрения удобств работы и простоты обращения следует отдать предпочтение видеопластинкам, предназначенным для оптического воспроизведения. Поверхность этих видеопластинок покрыта с двух сторон защитным слоем, который предохраняет рабочий слой от пыли, грязи и царапин. Луч лазера при воспроизведении четко фокусируется на металлическом покрытии, и загрязненность поверхности не влияет на качество воспроизведения. Разработчики фотографической видеопластинки также намерены нанести на эмульсионный слой прозрачное защитное покрытие.

При работе с видеопластинками, предназначенными для механического и емкостного воспроизведения, и с магнитной видеопластинкой необходимо принимать меры предосторожности для предотвращения загрязнения их поверхности, поскольку воспроизведение информации ведется контактным способом.

Если сравнивать видеопластинки по стоимости их изготовления, то, конечно, самыми дешевыми оказываются видеопластинки для механического воспроизведения. Скорость их тиражирования очень высокая. Достаточно сказать, что время, затрачиваемое на изготовление одной такой видеопластинки, в 2000 раз превышает время воспроизведения информации. Стоимость производства видеопластинок для оптического и емкостного воспроизведения вследствие дополнительных операций по металлизации и нанесению защитного слоя несколько выше. Поэтому целесообразно выпускать их только как долгоиграющие.

По-видимому, магнитные видеопластинки будут выпускаться как с записью, так и без нее. В последнем случае владелец дискового видеомагнитофона сможет самостоятельно записывать интересующую его программу. К недостаткам магнитной видеопластинки следует отнести невозможность получения неподвижного изображения, а также замедленного и ускоренного воспроизведения.

Проигрыватель видеопластинок — сложное электронное устройство с прецизионным механизмом. Электронные блоки осуществляют обработку воспроизводимых сигналов, а также корректируют естественные погрешности механических узлов. Такой видеопроигрыватель дороже проигрывателя грампластинок. Наиболее дорогим оказывается видеопроигрыватель для оптического воспроизведения. Значительная доля его общей стоимости определяется гелий-неоновым лазером. Механический видеопроигрыватель и видеопроигрыватель, работающий на емкостном принципе, несколько дешевле. Появившийся в продаже весной 1975 г. видеопроигрыватель TP-1005 фирмы «Телефункен» стоил в 1,5 раза дешевле цветного телевизора с большой электронно-лучевой трубкой. Предполагается, что стоимость таких проигрывателей при массовом производстве будет составлять половину стоимости цветного телевизора. По-видимому, и стоимость магнитного видеопроигрывателя (дискового видеомагнитофона) будет такого же порядка.

Подводя итог сравнению видеопластинок следует признать, что в настоящее время еще трудно предсказать, какая система будет стандартизована в международном масштабе. Многое зависит от дальнейшего развития техники и совершенствования технологии. Вполне возможно, что если удастся разработать недорогой и надежный лазер, то преимущество будет на стороне видеопластинки с оптическим воспроизведением. Но может оказаться, что одновременно будут существовать и несколько типов видеопластинок.

Другие системы записи видеозвуковой информации

Первой системой, обеспечившей массовую демонстрацию изображения со звуковым сопровождением, было звуковое кино. Пока фильмокопии изготовлялись на 35-миллиметровой кинопленке, демонстрация фильмов велась только в кинотеатрах. Но затем появились 16-миллиметровая кинопленка и передвижные кинопроекторы. Фильмы начали показывать для небольших групп людей — в школах, в клубах небольших поселков и т. д. После уменьшения ширины кинопленки еще в 2 раза и снижения стоимости кинопроекционной аппаратуры 8-миллиметровые кинофильмы оказались доступными для широкого населения.

Правда, к этому времени почти в каждой семье уже появился телевизор. Телевидение смогло более полно удовлетворить наши потребности в видеозвуковой информации. Единственный недостаток заключается в том, что телезритель ограничен в выборе информации — телевизионные передачи ведутся по определенной программе, в определенное время. Поэтому и возникла мысль использовать телевизор, как оконечное звено к видеопроигрывателям, с тем, чтобы просматривать в индивидуальном порядке видеофонограммы с записью художественных и мультипликационных фильмов, интересных телепередач, учебных фильмов и т. д. Преимущество такой демонстрации состоит в том, что не требуется длитель-

ной подготовки к просмотру: вывешивания экрана, затемнения помещения, установки и юстировки проектора.

Достаточно лишь ввести видеопластинку в видеопроигрыватель, подключенный к телевизору, и включить режим воспроизведения.

Можно попытаться использовать 8-миллиметровые кинофильмы для просмотра их на экране телевизора. Воспроизводящая приставка в таком случае выполняет функции телекинопроектора, который используется на телестудиях при передаче кинофильмов. Недостаток такого решения состоит в том, что стоимость приставки в несколько раз превышает стоимость кинопроектора. Тем не менее ряд фирм («Кодак», «Фуджи», «Нордменде») выпустили фильмопроигрыватели, рассчитанные на кассету «Супер-8» со временем проигрывания до 20 мин.

Американская компания «Си-Би-Эс» пошла по другому пути. Проигрыватель был построен на принципе телекинопроектора, но, чтобы система оказалась эффективной, решено было значительно снизить стоимость фильмокопий. Была использована специальная высокоразрешающая черно-белая фотографическая лента шириной 8,75 мм. Кадрики изображения размером $2{,}5 \times 3{,}1$ мм^2 располагались на ней в два ряда так, что рулон ленты можно было воспроизводить при движении вперед и назад, как в двухдорожечном магнитофоне. При этом расход ленты по сравнению с процессом изготовления кинофильмов по 8-миллиметровому стандарту снижался примерно в 4 раза. Запись негатива осуществлялась электронным лучом в вакууме, и система получила название EVR (Electronic Video Recording). Копирование позитивных копий велось контактным способом через слой жидкости на высокопроизводительных установках. Лента длиной 250 м помещалась в кассету диаметром 18 см и высотой 1,25 см. Продолжительность воспроизведения черно-белой программы составляла 60 мин, а цветной — 30 мин. Дело в том, что цветной фильм также изготовлялся на дешевой черно-белой фотографической ленте, причем на одной дорожке, как обычно располагались кадры черно-белого изображения, а по параллельной дорожке в закодированном виде передавались цветовые сигналы. В результате для записи цветной программы на ленте требовалось в 2 раза больше площади.

Фирма «Эр-Си-Эй» предложила другую систему записи на видеоленту под названием «Селектавижн» *. Используется дешевая поливинилхлоридная пленка шириной 16 мм. Как и у видеопластинок для механического воспроизведения, запись осуществляется изменением поверхностного слоя, а размножение производится с помощью никелевой матрицы. Деформация рабочего слоя носителя представляет собой голограмму — сложную интерференционную картину. Записанные сигналы воспроизводятся с помощью когерентного светового луча, создаваемого лазером. Основное преимущество системы состоит в низкой стоимости фильмокопий. Существенным является также тот факт, что качество изображения почти не зависит от износа ленты. Голограмма позволяет из небольшого участка своей поверхности получить полноценное изображение.

Поскольку изображение в системах EVR и «Селектавижн» представлено в виде отдельных кадров (не разлагается на строки),

---

* Более позднее название этой системы — «Голотейп».

звуковое сопровождение записывается на магнитной дорожке, расположенной по краю ленты.

Постепенно начинают применяться в домашних условиях и видеомагнитофоны. Этому способствовало совершенствование техники магнитной видеозаписи, появление видеокассет, а также упрощенных видеомагнитофонов с наклонно-строчной записью.

Современные кассеты для видеомагнитофонов сравнимы по размерам с небольшой книжкой. В них содержится магнитная лента толщиной до 15 мкм и шириной 12,7 мм (видеомагнитофоны европейского производства) или 19 мм (японские видеомагнитофоны). Обеспечивается продолжительность записи до 60 мин.

Стоимость кассетных видеомагнитофонов довольно высокая, почти в 2 раза выше стоимости телевизоров. Дорого стоит и магнитная лента с записью телевизионной программы, так как для ее тиражирования затрачивается много времени. Обычно размножение осуществляли способом перезаписи с ленты — оригинала, поэтому на изготовление копии уходило столько же времени, как и на воспроизведение программы. В последнее время получает распространение способ контактного копирования, при котором специальная магнитная видеофонограмма (матрица) во время контакта с лентой-копией, разогретой до высокой температуры, намагничивает ее своим магнитным полем. Скорость тиражирования при контактном копировании повышается в 10 раз, что приводит к снижению стоимости магнитных кассет.

Таблица 3

Параметр	Кинофильм „Супер-8"	EVR		„Селекта-вижн"	Магнитная видеолента	Видеопластинка	
		черно-бел.	цветной			ТЕД	VLP
Четкость изображения:							
число линий	250	300		250	250	250	
полоса частот, МГц	3	4		3	3	3	
Отношение сигнал/шум не ниже, дБ	40	40		40	40	40	
Площадь, занимаемая одним кадром, мм²	21,5	8	16	100	45	1,6	1,2
Длительность воспроизведения, мин	30	50	25	60	60	10	40
Отношение времени воспроизведения к времени тиражирования	1,5	16	8	50	1	2000	1000
Стоимость 1 ч программы (в относительных единицах)	20	10	20	2	10	1	1
Стоимость приставки-проигрывателя (в относительных единицах)	3	4		2	3	1	1,5

Благодаря тому, что кассетные видеомагнитофоны обладают компактностью и простотой обслуживания, обеспечивают хорошее качество изображения, имеют режимы стоп-кадра и замедленного воспроизведения, а главное обеспечивают возможность самостоятельной записи, видеокассеты начинают получать признание в быту и в полупрофессиональной области (школы, клубы, торговые организации и т. д.).

Таблица 4

Эксплуатационные возможности		8-миллиметровый кинофильм	EVR	„Селектавижн"	Магнитная видеолента	Видеопластинка рельефная	Видеопластинка магнитная
Самостоятельная запись изображения		+	—	—	+	—	+
Воспроизведение	нормальное	+	+	+	+	+	+
	замедленное	+	+	+	+	+	—
Быстрый доступ к любому месту записи		—	—	—	—	+	+
Возможность повторного использования носителя		—	—	—	+	—	+

И вот появляются видеопластинки. В каком же отношении находятся они с вышеперечисленными системами передачи видеозвуковой информации? Основные показатели систем приведены в табл. 3, а эксплуатационные возможности — в табл. 4.

Из таблиц видно, что системам EVR и «Селектавижн» трудно конкурировать с видеопластинкой. Фирмы, разработавшие эти системы, прекращают внедрение их в производство. У видеомагнитофонных кассет имеются перспективы на будущее, главным образом благодаря возможности самостоятельной записи изображения и многократного использования носителя записи. Серьезным конкурентом видеокассет может стать магнитная видеопластинка, поскольку она тоже обладает отмеченными свойствами, но стоит дешевле.

Сохранит свое значение в быту 8-миллиметровой кинофильм, но главным образом в своем традиционном значении: воспроизведение изображения с помощью кинопроектора. Кинолюбителям удобно пользоваться легкой 8-миллиметровой киносъемочной камерой, а затем осуществлять монтаж фильма путем склеивания фотографической ленты.

В последнее время появляются системы электронного монтажа видеофонограмм, в том числе и для кассетных видеомагнитофонов. Но такие системы оказываются довольно дорогими, поскольку требуют наличия по меньшей мере двух видеомагнитофонов, один из которых используется для воспроизведения, а другой — для записи выбранных сюжетных фрагментов.

Применение видеопластинок

Помимо индивидуального использования в домашних условиях видеопластинки смогут найти целый ряд других применений.

В первую очередь следует назвать процесс обучения. Простота обращения, большой объем информации, быстрый доступ к ней, возможность замедленного воспроизведения вплоть до режима стоп-кадра — все эти свойства должны сделать видеопластинку незаменимым помощником педагога в его преподавательской работе.

Учебные записи лекций на видеопластинках представляют собой более гибкое средство обучения, чем лекции по тому или иному предмету, передаваемые по телевидению. Ими можно воспользоваться в любое время и строить всю учебную программу в соответствии с конкретным уровнем подготовки учащихся. Тематика учебных лекций может быть самой разнообразной, начиная от общешкольных дисциплин и уроков иностранного языка и кончая узкоспециальными лекциями и докладами, рассчитанными на конкретных специалистов, которые желают повысить квалификацию, изучить передовой опыт производства.

Большое значение могут сыграть видеопластинки и для рекламы, особенно в современных условиях, когда ассортимент промышленных товаров увеличивается. Реклама в движении несет больше информации и оказывается более доходчивой, чем реклама в газетах и на плакатах. В то же время стоимость и скорость распространения рекламных объявлений через видеопластинки почти такая же, как и через полиграфические издания.

Вполне возможно в будущем широкое распространение видеогазет в виде гибких пластинок, а также видеожурналов в виде альбомов видеопластинок. Большие перспективы в этом отношении у видеопластинок системы ТЕД. Их стоимость сравнима со стоимостью газет. Некоторые крупные газетные издательства за рубежом уже приобрели права производства ТЕД видеопластинок по лицензии.

Благодаря высокой плотности записи информации и малому объему, занимаемому носителем записи, из видеопластинок можно будет собирать видеотеки. Вероятно, они смогут оказаться эффективнее существующих библиотек и помогут решению проблемы консервации все возрастающего потока информации.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ГЕННАДИЙ КУЗЬМИЧ КЛИМЕНКО

ВИДЕОПЛАСТИНКА

Редактор Ю. А. Вознесенский
Редактор издательства Г. Н. Астафуров
Обложка художника А. А. Иванова
Технический редактор М. Г. Вишневская
Корректор А. Д. Халанская

Сдано в набор 17/III 1976 г.
Подписано к печати 4/VIII 1976 г. Т-15116
Формат 84×108 1/32 Бумага типографская № 2
Усл. печ. л. 2, 94 Уч.-изд. л. 3,78
Тираж 30 000 экз. Зак. 582 Цена 16 коп.

Издательство «Энергия», Москва, М-114,
Шлюзовая наб., 10

Московская типография № 10 Союзполиграфпрома
при Государственном комитете Совета Министров СССР
по делам издательств, полиграфии и книжной торговли.
Москва, М-114, Шлюзовая наб., 10.